

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Design dálníku
The Design of a Cabin Motorcycle

Student:

Bc. Tomáš Wilček

Vedoucí diplomové práce:

MgA. Petr Nenička

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Wilček**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 60 Průmyslový design
Téma: **Design dálníku**
The Design of a Cabin Motorcycle
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhnete design dálníku, 2místného kabinového vozidla spojujícího jízdní vlastnosti motocyklu s komfortem automobilu. Zpracujte řešerši z oblasti dálníků, motocyklů, tříkolek, specifických technických řešení, specifického kapotování apod. Koncepty možných designérských řešení rozpracujte kresebně (skici) a vybrané koncepty dále rozved'te ve virtuálním prostoru (NURBS modelář). V rámci finálního konceptu vytvořte somatografickou studii, vizualizace (zásuvný modul NURBS modeláře), návrh konstrukčního řešení (CAD systém) podložený nezbytnými výpočty, výkres sestavení (min. A1) a dílenský výkres vybraného dílu. K obhajobě připravte prezentaci, plakát (min. A2) a fyzický model celku nebo části ve vhodném měřítku.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910. *Úprava dokumentů zpracovaných textovými procesory*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. 76 s. Třídící znak 01 6910.

ČSN ISO 690. *Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 40 s. Třídící znak 01 0197.

DREYFUSS, Henry. *The Measure of Man: Human Factors in Design*. Rev. and exp. 2nd ed. New York: Whitney Library of Design, 1967. 54 s. ISBN 978-0-8230-7370-2.

MALYPETR, Marcel. *Československé motorarity: dálníky, tříkolky, vozítka a jiné zajímavosti*. Praha: Grada, 2016. 112 s. ISBN 978-80-247-5587-8.

PAULY, Jana a Jiří HULÁK. *DESIGN PRO: Český průmyslový design 1990–2010, Czech Industrial Design 1990–2010*. Roztoky u Prahy: Jindřich Dušek – Signum, 2010. 334 s. ISBN 978-80-903531-0-7.

VŠB-TUO, FAKULTA STROJNÍ. *Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2015–. Identifikační znak FS_SME_05_003. Dostupné z: http://iso.fs.vsb.cz/SME/FS_SME_05_003_VypracovaniDPBP.pdf

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **MgA. Petr Nenička**

Konzultant diplomové práce: Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.
vedoucí katedry

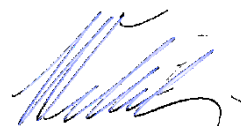


prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 18. 5. 2020

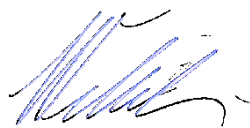


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18. 5. 2020


.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Wilček

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

WILČEK Tomáš, *Design dálníku*: Diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2020, 69 stran. Vedoucí práce: MgA. Petr Nenička

Diplomová práce se zabývá koncepčním designem dálníku – kabinového dvoustopého vozidla. V úvodu se práce zabývá rešerší dálníků a obdobných vozidel včetně studia jejich konstrukce. Práce se dále zabývá specifikací konstrukce a somatografickou studií. Následně práce obsahuje řadu návrhů v podobě skic, spolu s vybranou variantou zpracovanou ve 3D modeláři. Konstrukční návrhy v práci jsou podloženy nezbytnými výpočty.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

WILČEK Tomáš, *The Design of a Cabin Motorcycle*: Master thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2020, 69 pages. Thesis head: MgA. Petr Nenička

This master thesis deals with conceptual design of a cabin motorcycle. In the introduction of the work is research of cabin motorcycles and similar vehicles with the study of their construction. The following part of the work deals with construction choices and somatografic study. Thereafter work contains number of designs in the form of sketches, with final design created in 3D modeler. Constrution designs are substantiated with necessary calculations.

Obsah

1.	Úvod	9
2.	Cíl práce	10
3.	Historický vývoj	11
4.	Inspirace	14
5.	Průzkum konstrukce	18
6.	Somatografická studie	21
7.	Baterie	23
7.1.	Možnosti nabíjení	26
8.	Kontrola koncepce použitého elektropohonu	27
9.	Návrhy vlastního řešení	29
9.1.	Vývojové řady	29
9.2.	Vybraná koncepce s chronologickým postupem vývoje	34
9.3.	Finální podoba zvolené varianty	37
10.	Tvorba 3D modelu	38
10.1.	Tvorba rámu a podvozku	40
10.1.1.	Pevnostní analýza rámu MKP	41
10.1.2.	Podvozek	46
10.1.3.	Kontrolní výpočty použitelnosti konceptu	49
10.2.	Konstrukce dveří	51
10.3.	Provedení zavazadelníku	52
10.4.	Interiér	54
10.5.	Světlomety	59
11.	Finální vizualizace	61
12.	Závěr	63
13.	Seznam použité literatury a zdrojů	64
13.1.	Použité grafické programy	68
13.2.	Seznam příloh	68

Seznam použitých značek a zkratk

Seznam použitých značek

F	Síla	[N]
I	Elektrický proud	[A]
Mk	Kroutící moment	[Nm]
P	Výkon	[W]
Re	Mez kluzu	[MPa]
U	Elektrické napětí	[V]
W	Práce	[J]
Ah	Ampérhodina	-
Cd	Koeficient odporu vzduchu	-
kWh	Kilowatthodina	-

Seznam použitých zkratk

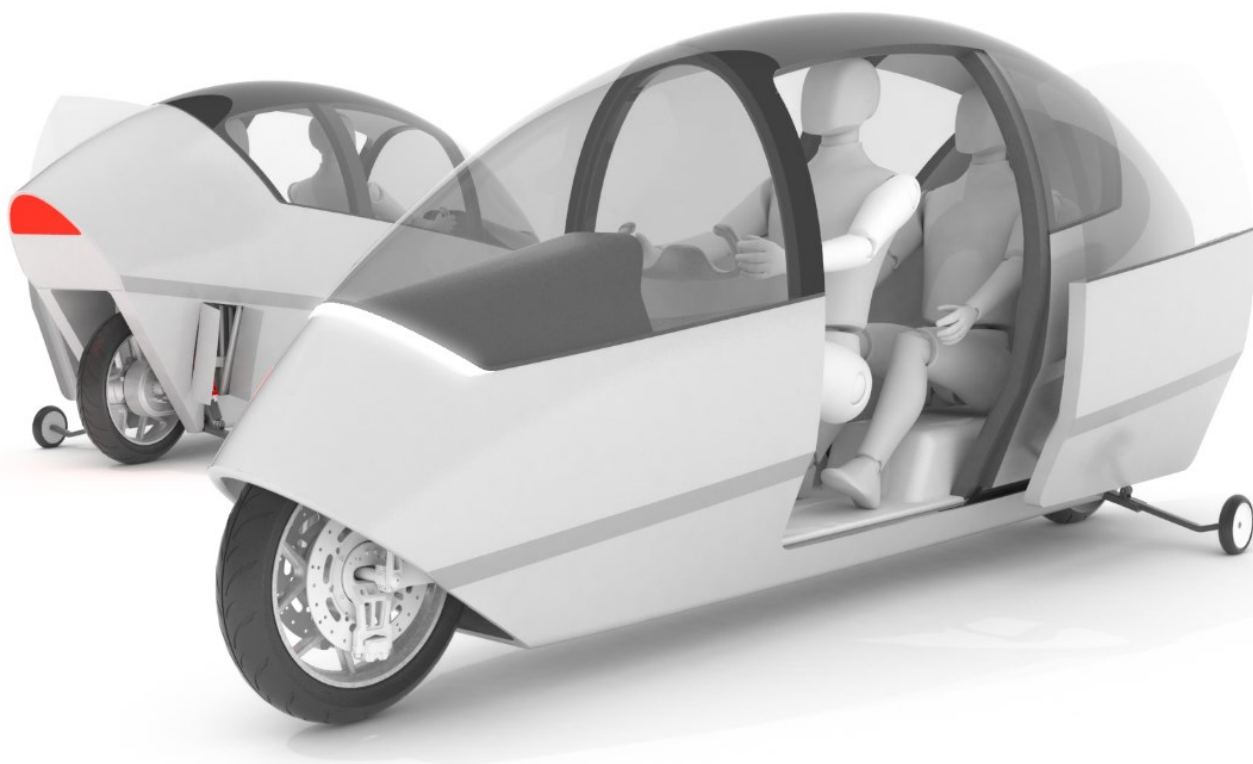
HCS	Hub-center steering	Typ zavěšení kola
LiFePO	Lithium-Iron Phosphate	Technologie baterií
Li-Ion	Lithium-Ion	Technologie baterií
LED	Light-Emitting Diode	Technologie světel
OLED	Organic Light-Emitting Diode	Technologie světel

1. Úvod

Dálník je jednostopé kabinové vozidlo, které bylo vytvořeno za účelem spojení manévrovacích schopností motocyklu s komfortem jízdy v automobilu. Další výhodou tohoto konceptu je velmi dobrá aerodynamika, nízká hmotnost a kompaktní rozměry.

Jednostopé kapotované motocykly vznikaly už v meziválečném období, dálníky však ve většině případů nebyly stavěny jako kapotované motocykly, ale už od začátku jako samostatná kategorie vozidel.

Dálníky přinášejí kromě kompaktních rozměrů a vysoké účinnosti, která vyplývá z malých jízdních odporů, také vynikající dynamiku jízdy, zajímavý vzhled a potenciál mnohem levnější sériové výroby oproti dvoustopým vozidlům s podobnými parametry.



2. Cíl práce

Cílem mé diplomové práce je koncepční návrh designu dálníku s ohledem na komfort posedu, použité technologie a konstrukci, s přínosem inovativních řešení do tohoto oboru vozidel.

Vybrané základní specifikace:

- Elektrický pohon

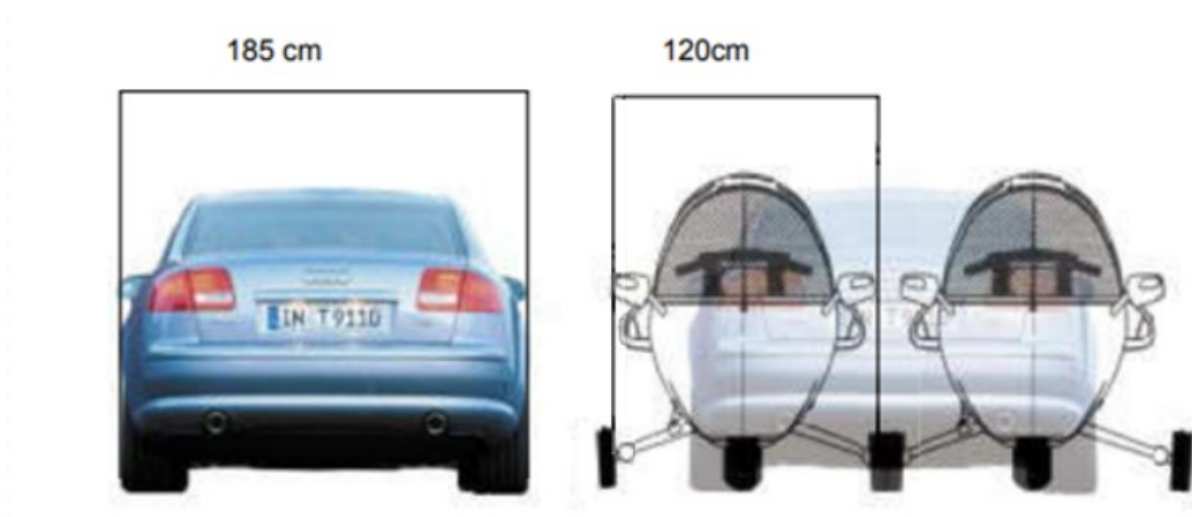
Díky nízkým aerodynamickým a valivým odporům je velice výhodné použít elektrický pohon dálníku, jelikož pro větší dojezdy není třeba příliš těžkých akumulátorů o vysoké kapacitě a ceně. Naopak dobře umístěné akumulátory mohou výrazně snížit těžiště, což zlepší jízdní vlastnosti, viz pátá kapitola. Menší rozměry pohonného ústrojí naopak umožní lepší ergonomii kabiny při zachování kompaktních rozměrů.

- Baterie umístěné v podlaze

Z důvodu zachování co největšího prostoru v kabině jsem se rozhodl pro umístění baterií do podlahy dálníku, stejně jako je tomu u elektromobilů.

- Rozměry

Pro udržení kompaktnosti jsem se rozhodl pro celkovou délku do čtyř metrů a šířku karoserie do jednoho metru.



Obrázek 2.1 – Srovnání šířky osobního automobilu s dálníkem [1]

3. Historický vývoj

Předchůdci dálníku

Prvním kapotovaným motocyklem byl v roce 1911 Gyrocar britské továrny Wolseley. Tento stroj vznikl podle vynálezu ruského konstruktéra Šilovského. Jednalo se o čtyřsedadlové vozidlo, které udržoval v rovnováze třisetkilový setrvačnick, jeho výroba se kvůli jeho komplikované konstrukci nerozběhla.



Obrázek 3.1 - 1911 Gyrocar (kolorováno) [2]

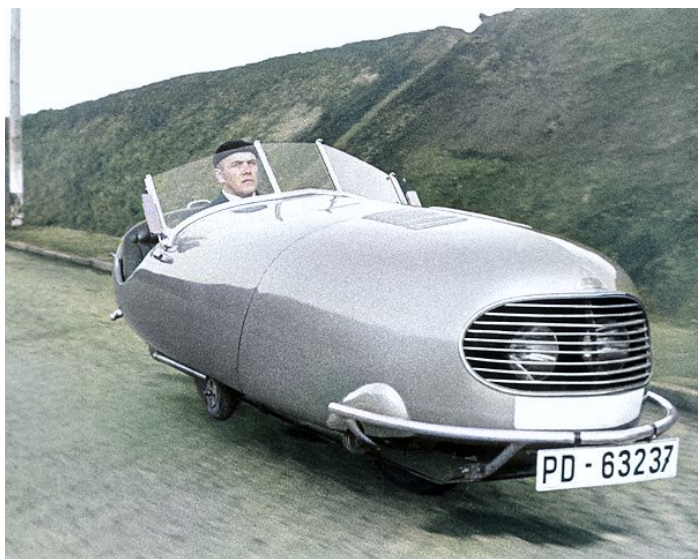
Roku 1921 byl v Německu vyroben model Mauser Einspurauto, který se prodával pod názvem Monotrace. Tento kapotovaný motocykl měl manuálně ovládaná postranní kolečka. Na řídicích měl připevněn velmi rozměrný oblouk pro komfortnější řízení.



Obrázek 3.2 - 1922 Mauser Einspurauto (Monotrace) [3]

Dálník

První dálník sestrojil český konstruktér Jan Anderle, vznikl v letech 1938 - 1941. Dálník měl otevřenou dvoumístnou karosérii, posádka seděla vedle sebe. Na bocích měl zasunovací podvozek ovládaný přes diferenciální pákový převod pedálem. Náhon měl na přední kolo poháněné dvoudobým dvouválcem Jawa-Minor chlazeným vodou s výkonem 20 koní. Maximální rychlost dosahovala 120 km/h a spotřeba paliva činila 4,5 litru benzínu na sto kilometrů.



Obrázek 3.3 - Prototyp č.1 Jana Anderleho (kolorováno) [4]

Další dálníky

Díky Janu Anderlemu a jeho stavění dálníků vznikl takzvaný Klub dálníků. Tento klub sdružoval jejich konstruktéry, majitele a příznivce. Někteří z nich dokonce zkonstruovali vlastní dálníky, například dálník Štěpána Poláka, viz obrázek 3.4, který byl silně inspirován žánrem sci-fi.



Obrázek 3.4 - Dálník D-06 Štěpána Poláka [5]

Tento jednomístný dálník vznikl v národním podniku Karosa Vysoké Mýto, tedy v bývalé karosárně Josefa Sodomky. Karoserie je celokovová, v přední části pod kapotou se nachází zavazadlový prostor.



Obrázek 3.5 - Dálník Karosa [6]

Švýcarská firma PERAVES AG Winterthur Arnolda Wagnera začala v 80. letech minulého století vyrábět dálníky Ecomobile. V roce 1991 začala firma spolupracovat s brněnskou leteckou firmou inženýra Gustava Procházky.

Do roku 2007 byl vyráběn typ dvousedadlového dálníku Ecomobile, viz obrázek 3.6. Tento model byl následně nahrazen modernějším typem s názvem Monotracer, viz obrázek 3.7, nový typ se vyrábí i jako plně elektrifikovaná verze s dojezdem až 320 km.

Stejně jako předchůdce i nový model používá motory a jiné díly z motocyklů

BMW řady K. Pohonnou jednotkou je kapalinou chlazený řadový čtyřválec o výkonu 116 koní. Maximální udávaná rychlost je 240 km/h, ale podle Arnolda Wagnera je schopen vyvinout rychlost až 350 km/h. Stabilitu při nízkých rychlostech udržují manuálně výsuvná boční kola.



Obrázek 3.6 a 3.7 – Model Ecomobile a Monotracer (dole) [7,8]

4. Inspirace

Automobily

Unikátní české dvousedadlové tříkolové vozidlo Velorex s lehkým trubkovým rámem potaženým vinylovou plátěnou karoserií. Velorex je dodnes jediné vozidlo s plátěnou karoserií, které bylo homologováno jako automobil.



Obrázek 4.1 – Rám velorexu [9]



Obrázek 4.2 – Velorex [10]

Koncept značky BMW s názvem GINA navrhnutý Chrisem Banglem. Myšlenkou bylo vytvořit lehký sportovní automobil s netradičním konstrukčním pojetím karoserie, ta je vyrobená z odolného a velice elastického polyuretanového plátna nataženého na hliníkovém rámu i přes pohyblivé části. To umožňuje karoserii doslova měnit svůj tvar. Kromě nízké váhy a inovativního designu tento koncept také dokáže přizpůsobit svou aerodynamiku změnou tvaru karoserie.



Obrázky 4.3 a 4.4 – Koncept BMW GINA [11]



Obrázek 4.5 - VW L1 - skica [12]

VW L1, malosérie dvoumístného automobilu, který ujede 100 km na jeden litr paliva. Automobil má vynikající aerodynamiku díky úzkému profilu, dosaženého tím, že posádka sedí za sebou v tandemu. Stroj je postaven z velmi lehkých materiálů, váží pouhých 381 kg a má laděný motor pro co nejúspornější provoz. Hybridní pohonnou jednotku tvoří dvojválec (půlka čtyřválece 1,6 TDI) a 10 kW elektromotor, který se připojuje v případě potřeby, nebo pro čistě elektrickou jízdu na krátké vzdálenosti.



Obrázek 4.6 – VW L1 [13]

BMW Isetta, první sériově vyráběné auto dosahující spotřebu 3 l/100 km. Navrženo italskou firmou Iso SpA. Ermenegildo Preti a Pierluigi Raggi se rozhodli zkonstruovat kompaktní tříkolový dvoumístný automobil s motorem z motocyklu. Zajímavé je vyřešení nastupování, jako dveře zde slouží otevíratelná přední část vozu.



Obrázek 4.7 – BMW Isetta [14]

Motocykly

Motocykl Tesi 3D od slavné italské značky Bimota používá unikátní typ předního zavěšení kola, takzvaný hub-center steering (rejdový čep), toto zavěšení se velice liší od klasické odpružené vidlice. Například otočný čep řízení se nachází v náboji kola a brzdné účinky se přenášejí v příčném směru, tudíž při brždění motocykl nemá tendenci ponořovat přední kolo jako u klasické vidlice, což je značnou výhodou hlavně při brždění v zatáčkách. Toto zavěšení si také udržuje správnou geometrii i při propružení, což u klasické vidlice není možné. U HCS je odpružení vyřešeno kyvným ramenem, jehož reakce jsou zachyceny pružným členem. Samotné řízení je řešeno táhly, táhlem je také vyřešen úhel řízení předního kola, viz kapitola číslo 5.



Obrázek 4.8 – Motocykl Bimota Tesi 3D [15]

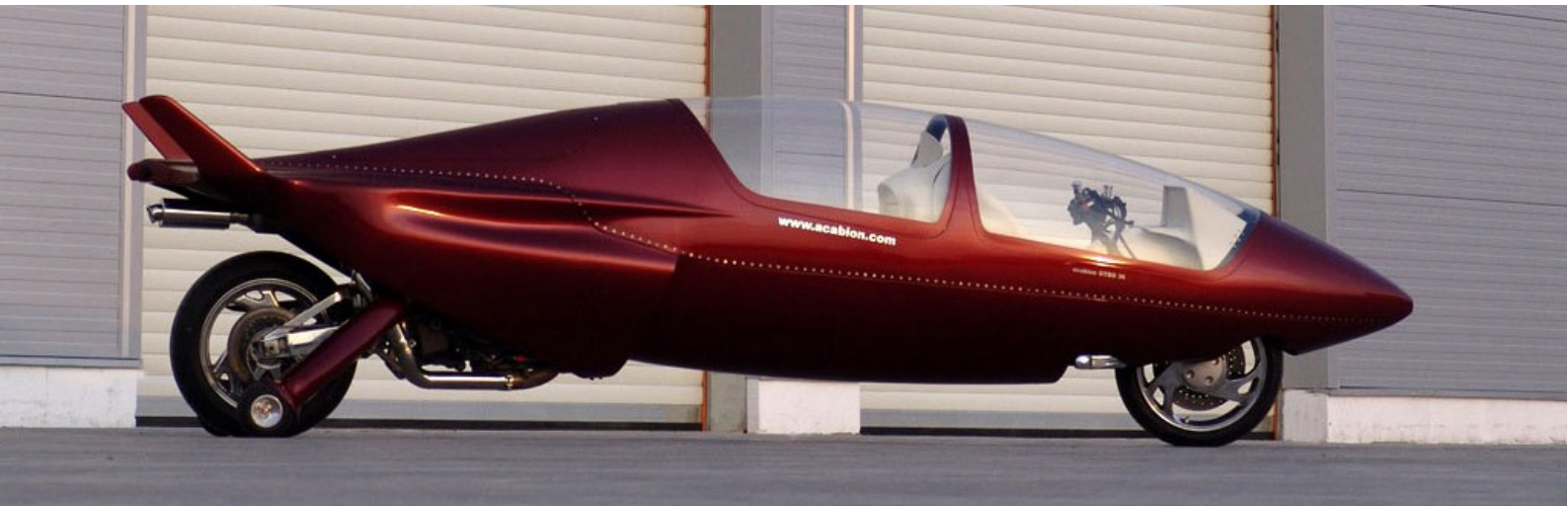
Experimentální motocykl Honda, který je vybaven technologií aktivního balancování. Tento motocykl dokáže sám sebe balancovat i při úplném stání, podobně jako to dělají zkušení cyklisté na semaforech. Honda k tomuto úkonu však vyvinula robotizovaný asistenční mechanismus a zvětšila úhel přední vidlice kvůli zlehčení řízení pro servomotor. Díky tomuto řešení bylo možné použít jen malé vyvažovací gyroskopy, které dramaticky nezvýší celkovou hmotnost motocyklu. Výhodou tohoto konceptu je snadnější řízení v městských oblastech a podobných situacích, nebo schopnost autonomního řízení.



Obrázek 4.9 – Honda Riding Assist [16]

Jednostopá kabinová vozidla

Acabion GTBO 70 je dvousedadlový dálník s kokpitem letadla. Jeho maximální rychlost je až 550 km/h. Váží pouhých 359 kg, jelikož rám je celý z karbonových vláken. Obdivuhodný je také obrovský rozvor blížící se k pěti metrům. Uvnitř nechybí ani kvalitní audiosystém.



Obrázek 4.10 – Acabion GTBO 70 [17]

Studie F1 – designoval Petr Novák ze studia Design-Brothers. Dominantním prvkem je panoramatická prosklená vrchní část karoserie bez bočních sloupků umožňující perfektní výhled z vozidla. Za každým sedadlem se nachází bezpečnostní rám chránící posádku.



Obrázek 4.11 – Studie F1 [18]

C-1 je koncept elektrické kapotované samovyvažovací motorky pro jednu osobu. Balancuje pomocí automaticky řízeného gyroskopu, který je schopen vozidlo udržet vzpřímeně i při silnějším nárazu z boku, zároveň tedy slouží jako bezpečnostní prvek. Pohon zajišťují dva malé elektromotory v nábojích obou kol, které jsou schopny rekuperace.



Obrázek 4.12 – C-1 Concept [19]

5. Průzkum konstrukce

Dálník jako jednostopé vozidlo sdílí spoustu konstrukčních prvků z motocyklů. Asi nejzásadnějším prvkem je konstrukce předního i zadního zavěšení a geometrie řízení. Podvozek jednostopých vozidel se dělí na dvě části, které jsou otočné kolem osy řízení.

Důležité technické pojmy pro konstrukci podvozku:

- Úhel řízení a stopa

Úhel řízení velmi ovlivňuje jízdní vlastnosti motocyklu. Čím menší je úhel sklonu řízení (přední kolo minimálně předsunutě oproti řídítkům), tím menší úsilí je zapotřebí k řízení, tudíž je lepší manévrovatelnost. Avšak motocykl bude v přímé linii méně stabilní. Naopak větší úhel sklonu (přední kolo předsunutě před řídítky) vyžaduje větší úsilí pro zatáčení, ale disponuje vlastností udržet motocykl stabilní při vysokých rychlostech, také pomáhá udržovat přímý směr. Závodní stroje jsou kompromisem, mají paradoxně menší úhly řízení, jelikož s většími úhly by sice byly ve větších rychlostech více stabilní, ale jejich manévrovatelnost by byla znatelně nižší, také by se zvýšila síla potřebná pro řízení stroje ve velkých rychlostech. Velké úhly řízení mají většinou takzvané cruisery, motocykly pro pohodlnou dálkovou jízdu. U běžných motocyklů se úhly řízení pohybují okolo 35°.



Obrázek 5.1 – Úhel řízení a stopa u motocyklu Bimota Tesi [20]



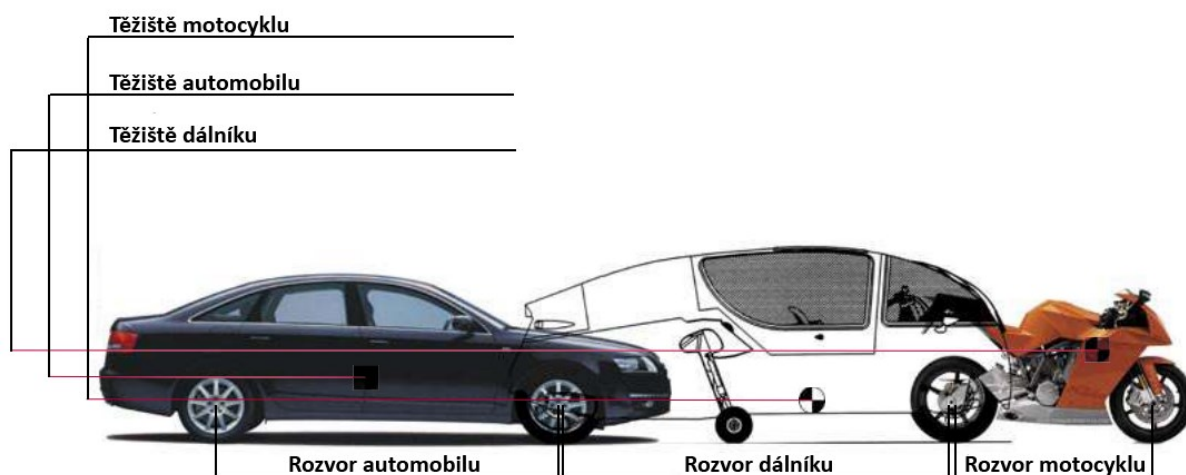
Obrázek 5.2 – Srovnání úhlu sklonu a stopy u motocyklu (cruiseru) Harley Davidson [21]

- Rozvor

Rozvorem se nazývá vzdálenost středů předního a zadního kola, viz obrázek 5.1. Krátký rozvor usnadňuje, díky lepší obratnosti, průjezdy ostrých zatáček bez většího najíždění, avšak záporně ovlivňuje stabilitu při vyšších rychlostech, najetí na nerovnosti a podobně. Jednostopá vozidla s delším rozvorem nemají tendenci snadno se rozkmitat, a i při vyšších rychlostech jsou velmi stabilní. Nevýhodou však může být pomalá reakce řízení, ta se ale dá vykompenzovat menším úhlem řízení. U motocyklů se rozvor pohybuje okolo 1500 mm, u dálníků je rozvor běžně srovnatelný nebo i větší než u automobilů, nejčastěji se pohybuje okolo 3000 mm.

- Těžiště

Výhodné je těžiště dostat co nejnižě a co nejvíce do středu náprav tak, aby obě nápravy byly zatíženy stejně. Nízké těžiště zlepšuje manévrovatelnost a ulehčuje řízení. Výše položené těžiště učiní stroj vratkým v nízkých rychlostech, avšak pomáhá udržet stabilitu v rychlostech vyšších. Pokud se těžiště bude nacházet spíše na předním kole, zhorší se ovladatelnost a stroj bude více náchylný ke kmitání. Těžiště posunuté příliš k zadnímu kolu způsobí razantní odlehčení předního kola, což má za následek špatnou ovladatelnost a může docházet i ke zdvihu předního kola, například při akceleraci.



Obrázek 5.3 – Porovnání těžiště a rozvoru vozidel [22]

- Rám

Rám je hlavní podpůrnou strukturou podvozku vozidla, na kterou jsou připojeny všechny ostatní komponenty. Rám musí vydržet statické i dynamické zatížení, například od váhy karoserie, motoru, pasažérů, od kroutícího momentu motoru, brzdných účinků, zatáčení a podobně. V případě nárazu by se rám naopak měl zdeformovat a pohltit tak co nejvíce energie.

Typy ráků:

- Profilový rám

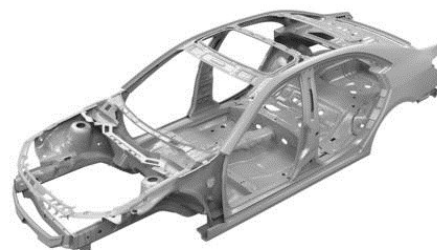
Jedná se o rám obvykle ze svařených profilů (např. kruhových, obdélníkových, čtvercových), většinou se používá pro kusovou nebo malosériovou výrobu.



Obrázek 5.4 – Trubkový rám velorexu [23]

- Samonosná karoserie

Karoserie je složená převážně z vylisovaných plechů, svařených nebo slepených do jednoho celku. Může se také zčásti skládat z různých profilů nebo odlitků. Používá se výhradně pro sériovou výrobu.



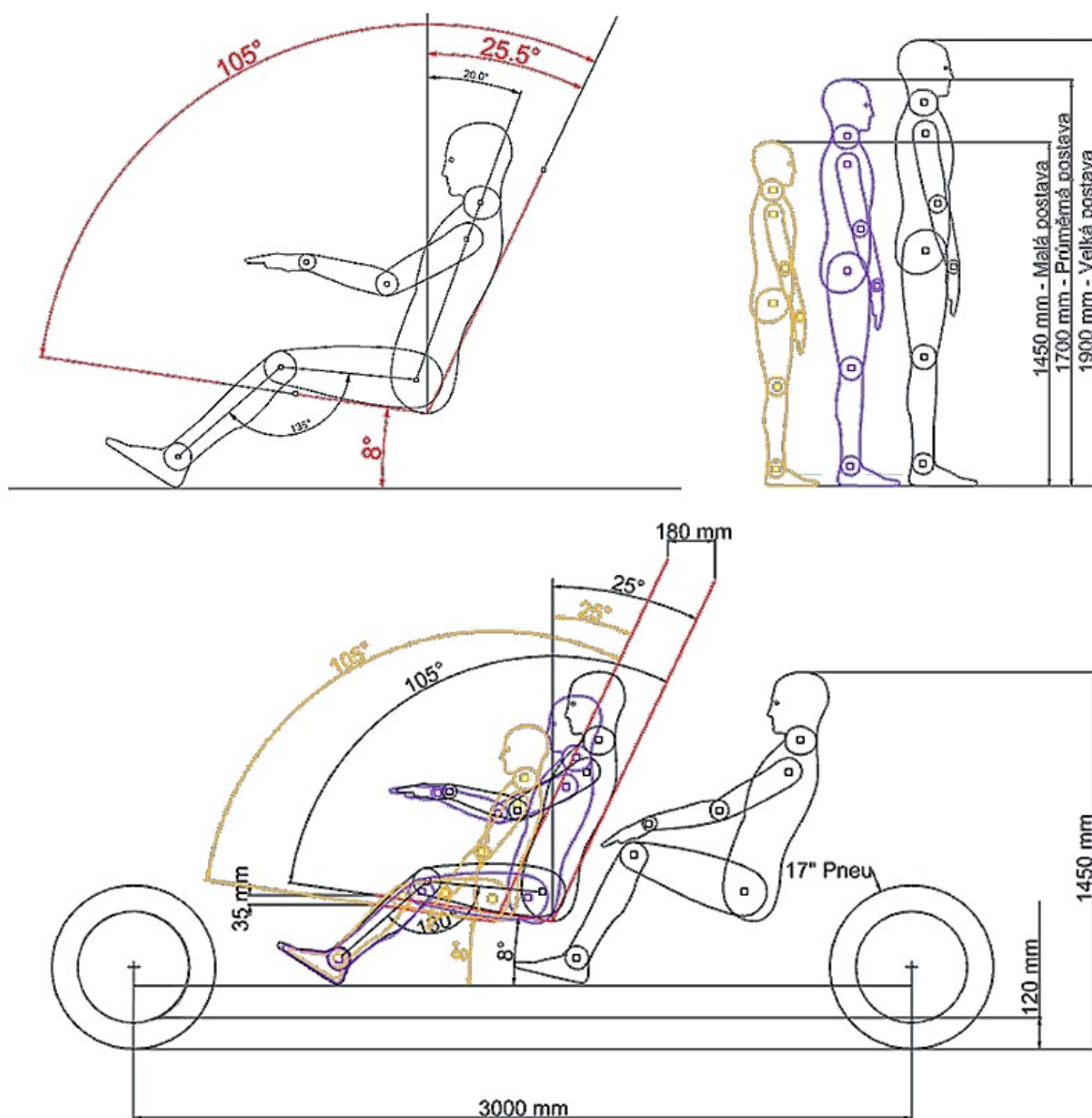
Obrázek 5.5 – Samonosná karoserie [24]



Obrázek 5.6 – Rám kapotované motorky C-1 Concept [25]

6. Somatografická studie

Pro zjištění základních rozměrů kabiny jsem provedl somatografickou studii, jako mezní rozměry jsem zvolil dvě postavy, postavu velkého muže a postavu malé ženy. Postavy jsem umístil do posedu řidiče, velmi podobně jako je tomu v moderním osobním automobilu, podobně jsem umístil postavu spolujezdce v tandemu. Díky této studii jsem získal základní rozměry, podle kterých jsem zvolil rozměry dálníku, jako je například rozvor, výška, šířka, apod.

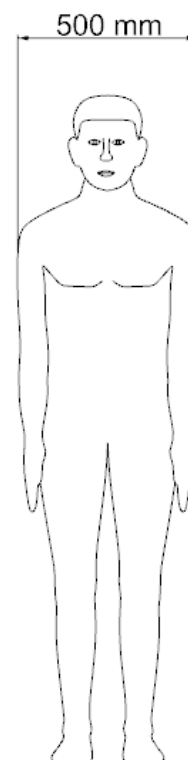


Obrázek 6.1 – Somatografická studie

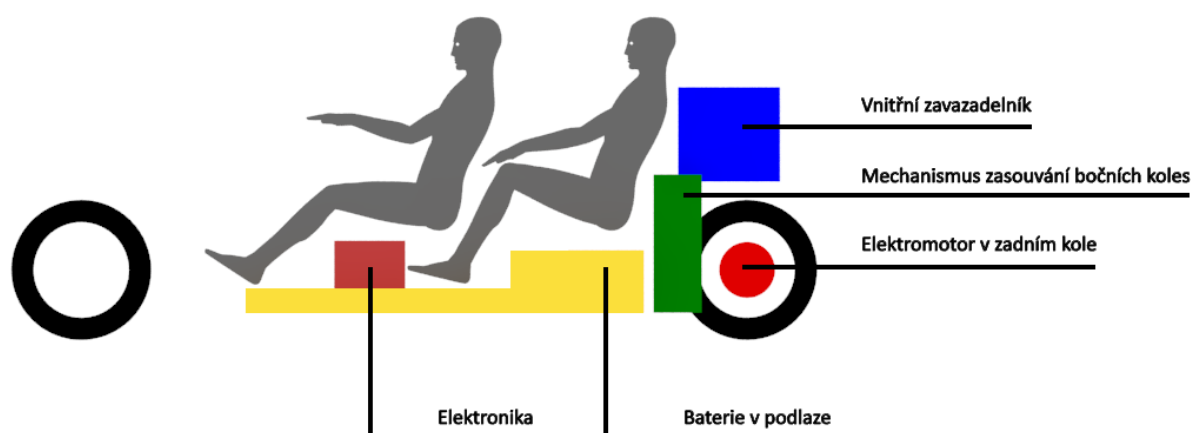
Na obrázku 6.1 jde, mimo zvolené pozice sezení, vidět rozdíl posedu řidiče podle velikosti postavy. Pro největší variabilitu posedu pro takto rozdílné postavy je třeba, aby přední sedadlo bylo nastavitelné jak ve vertikálním, tak i v horizontálním směru. Podle mé studie by dráha posuvu sedadla měla být minimálně 180 mm, tento rozměr je nejdůležitější, jelikož i řidič malé postavy musí pohodlně dosáhnout na pedály. Výška sedadla by měla jít měnit v rozsahu minimálně 35 mm od nulové polohy.

Šířku karoserie jsem posuzoval podle nadprůměrné postavy, která má bideltoidní šířku ramen 500 mm (v místě největšího rozvoje deltového svalu).

Posádka sedí výše, protože u konceptu jsem se rozhodl pro elektropohon a umístění akumulátorů do podlahy dálníku, viz další kapitola č. 7. Na obrázku 6.3 jde vidět ilustrativní rozložení hlavních prvků ovlivňujících vnitřní prostor kabiny.



Obrázek 6.2 –
Nadprůměrná postava



Obrázek 6.3 – Ilustrace rozložení prvků ovlivňujících ergonomii v kabině

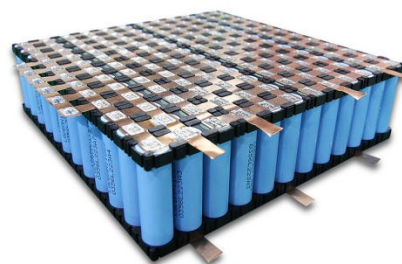
7. Baterie

Elektrická verze kabinového motocyklu Monotracer má baterie o kapacitě 20 kWh. Jsou umístěny nad pohonným ústrojím a mezi posádkou sedící v tandemu, toto řešení velmi omezuje vnitřní prostor pro posádku a může mít i negativní dopad na ovladatelnost kvůli těžišti, viz kapitola 5. Ve svém konceptu jsem se rozhodl pro umístění baterií do podlahy mezi rám, viz obrázek 7.1. Toto řešení se běžně používá například u elektromobilů, jelikož baterie v podlaze neovlivňují vnitřní prostor kabiny a snižují těžiště vozidla, což zlepšuje jeho jízdní vlastnosti. Baterie jsou takto zároveň chráněny proti poškození.



7.1 - Baterie vozu BMW i3 [26]

K určení potřebného prostoru pro baterie jsem provedl rešerši v oblasti trakčních baterií pro elektrická vozidla. Tyto baterie se nejčastěji skládají z modulů, které jsou složeny z jednotlivých článků zapojených paralelně (případně kombinace sériového a paralelního zapojení), viz obr. 7.2, kvůli jejich vysokému počtu. Tyto vytvořené moduly jsou mezi sebou následně zapojeny do série pro navýšení výsledného napětí bateriového celku, jelikož vhodné elektromotory běžně pracují s napětím v řádu stovek voltů. Další výhodou vysokého napětí je snížení velikosti protékajícího proudu, což umožní použít vodiče o menším průřezu. Pokud baterie nemá dostatečně vysoké napětí, nebo ho naopak má příliš vysoké, používají se takzvané napěťové měniče. Stejně tak se tyto měniče používají ke snížení napětí pro ostatní nízkonapěťovou elektroniku, pokud je napájena ze stejné baterie. Tyto měniče se také používají pro změnu stejnosměrného proudu baterie na střídavý proud pro střídavé motory.



7.2 - Li-Ion bateriový modul [27]

V současnosti se nejvíce používají lithium-iontové akumulátory pro svou vysokou energetickou hustotu, relativně nízký objem i hmotnost a možnost výroby v různých tvarech. Nevýhodou těchto článků je však jejich nebezpečnost při poškození nebo přetížení.

Pro zjištění velikosti potřebného prostoru pro baterie jsem se rozhodl zvolit lithium-železo-fosfátové (LiFePO₄) baterie, které jsou podstatně bezpečnější než li-iontové, avšak mají menší měrnou energetickou hustotu. Mým cílem je dosáhnout podobných hodnot kapacity baterie, jako je tomu u podobných vozidel.

Zvolený typ baterie:

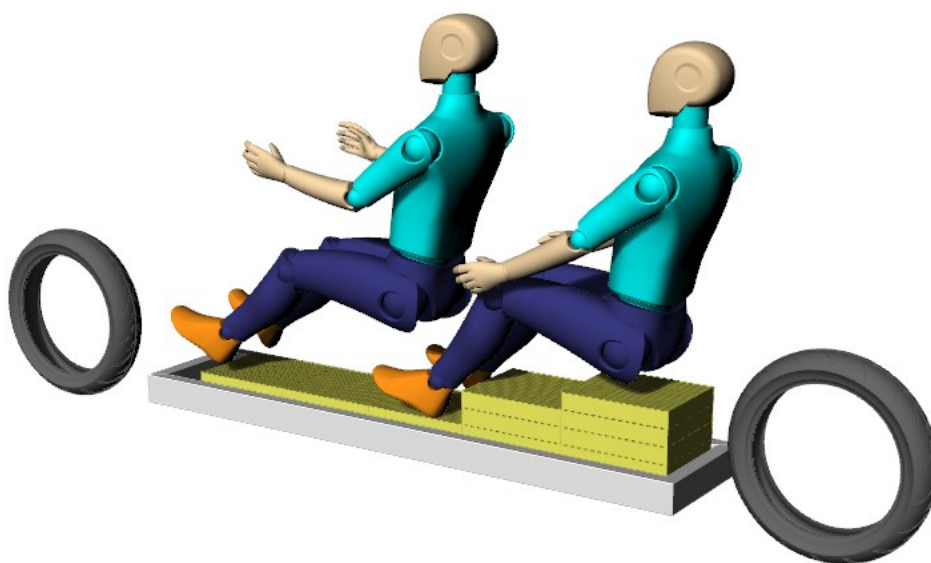
LiFePO₄ - Winston 3,2 V 300 Ah

- Napětí 3,2 V
- Kapacita 300 Ah
- Rozměry 362x306x56 mm
- Hmotnost 10 kg



Obrázek 7.3 - LiFePO₄ - Winston 3,2V 300 Ah [28]

Do hrubého rámu jsem s rezervou umístil 15 akumulátorů, dvě řady baterií jsou v podlaze, zbytek je pod sedadlem spolujezdce, pod sedadlem řidiče jsem nechal volný prostor pro elektroniku baterie (DC-DC měnič, nabíjecí elektroniku, ochranu apod.)



7.4 – Akumulátory v podlaze dálníku

Napětí baterie z modulů zapojených do série:

$$V = V_{modulu} \cdot n_{modulů} = 3,2 \cdot 15 = 48 \text{ V} \quad (7.1)$$

Výpočet kapacity baterie:

$$W_h = V \cdot A_h = 48 \cdot 300 = 14400 \text{ Wh} = 14,4 \text{ kWh} \quad (7.2)$$

Výpočet celkové hmotnosti akumulátoru:

$$m_a = n_{modulů} \cdot m_{modulu} = 15 \cdot 10 = 150 \text{ kg} \quad (7.3)$$

Celková kapacita 14,4 kWh není příliš vysoká, avšak i při použité technologii baterií s menší měrnou hustotou energie se podle srovnání dojezdu podobných vozidel dá odvodit, že je kapacita pořád dostatečná. Například miniaturní dvousedadlový automobil Smart EQ fortwo disponuje baterií o kapacitě 17,6 kWh a jeho udávaný dojezd je 70-160 km v závislosti na stylu jízdy a okolních podmínkách. Když uvážíme, že Smart EQ fortwo váží 1010 kg a má výrazně vyšší valivě i aerodynamické odpory než dálník, lze předpokládat, že i s menší kapacitou baterie bude dojezd výrazně vyšší. Například kabinový motocykl Monotracer značky Peraves s 20 kWh baterií má udávaný dojezd 320 km.

Kdyby se místo lithium-železo-fosfátových baterií použily lithium-iontové, které mají běžně i více než 2,5krát větší měrnou kapacitu, baterie by mohla mít kapacitu kolem 45 kWh.



Obrázek 7.5 - Smart EQ fortwo [29]



Obrázek 7.6 - Monotracer [30]

7.1. Možnosti nabíjení

Díky poměrně nízké kapacitě lze baterie nabíjet poměrně rychle, z klasické 230 V zásuvky se při proudu 12 A (2,8 kWh) baterie dobije za cca 6 hodin. Při použití klasické domácí nabíjecí stanice (wallboxu) lze dobít baterii i za méně než jednu hodinu. U rychlonabíjecích stanic se doba nabití může pohybovat okolo 10 - 20 minut.

Další možností dobíjení baterie může být solární střešní panel, který může sloužit pro částečné dobíjení baterie a průměrně zvýšit celkový dojezd. Například 200 W střešní panel může za dobu pěti hodin dodat baterii, při průměrně slunném dni, až 8 % z celkové kapacity, to může znamenat například zvýšený dojezd okolo 25 km. Ideálně by tento panel dobíjel baterii při odstavení vozidla, například parkování po dobu pracovní doby, a při jízdě by podporoval napájení periferie jako je klimatizace, audio, topení atd.

Technologie solárního dobíjení

- Křemíkový solární panel

Nejpoužívanější technologie solárních článků, existují i flexibilní panely z monokrystalického křemíku a jsou relativně nenákladné. Účinnost mají většinou kolem 12 až 16 %.

- Organický solární panel

Technologie ve stádiu výzkumu, k výrobě elektřiny se využívají geneticky upravené bílkoviny využívající fotosyntézu. Výhodou by měla být nízká cena panelu a vyšší účinnost až 25 %.



Obrázek 7.7 – První hybrid značky Hyundai využívající dobíjení přes křemíkový solární střešní panel [31]

8. Kontrola koncepce použitého elektropohonu

Protože jsem v konceptu zvolil elektromotor umístěný v hnaném kole, je potřeba zjistit, jestli je toto řešení možné, jelikož počítám přímo s kroutícím momentem elektromotoru bez jeho násobení převodovým poměrem. To může být problém třeba při rozjezdu do kopce. Pro zjednodušenou volbu elektromotoru vozidla je třeba zvolit jeho požadovanou akceleraci, znát jeho hmotnost a průměr hnaného kola. Aerodynamické a valivé odpory zanedbám, protože u dálníků jsou tyto odpory minimální a na tento výpočet nemají vliv.

Hrubou hmotnost dálníku jsem vypočetl součtem váhy baterií (výpočet 7.3), posádky, rámu a odhadem hmotnosti karoserie, elektroniky, interiéru a podobně, viz tabulka č. 1. Výsledná celková hmotnost 580 kg je velmi podobná například plně elektrickému dálníku Monotracer od firmy Peraves, který váží 603 kg s 20 kWh baterií, avšak používá klasické těžší pohonné ústrojí s převodovkou.

Tabulka č. 1 – Odhad hmotnosti dálníku

Prvek	Hmotnost
Posádka	260 kg
Baterie	150 kg
Rám	40 kg
Karoserie	≈ 50 kg
Ostatní	≈ 80 kg
Suma	580 kg

Výpočet potřebného kroutícího momentu:

Akcelerace z 0 na 100 km/h (volím 10 s):

$$a = v \div t = 27,778 \div 10 = 2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^2 \quad (8.1)$$

Potřebná síla:

$$F = m \cdot a = 580 \cdot 2,8 = 1624 \text{ N} \quad (8.2)$$

Kroutící moment na hnací kolo (průměr kola 0,6m):

$$M_k = F \cdot R = 1624 \cdot 0,3 = 487 \text{ Nm} \quad (8.3)$$

Potřebný kroutící moment už od nulových otáček je 487 Nm, kdyby se jednalo o spalovací motor, bez zpřevodování by nebylo možné takových hodnot dosáhnout. Elektromotory však mají vysoký kroutící moment už od počátku, a proto v některých případech není převodu třeba.

Kontrola kroutícího momentu potřebného pro rozjezd do svahu:

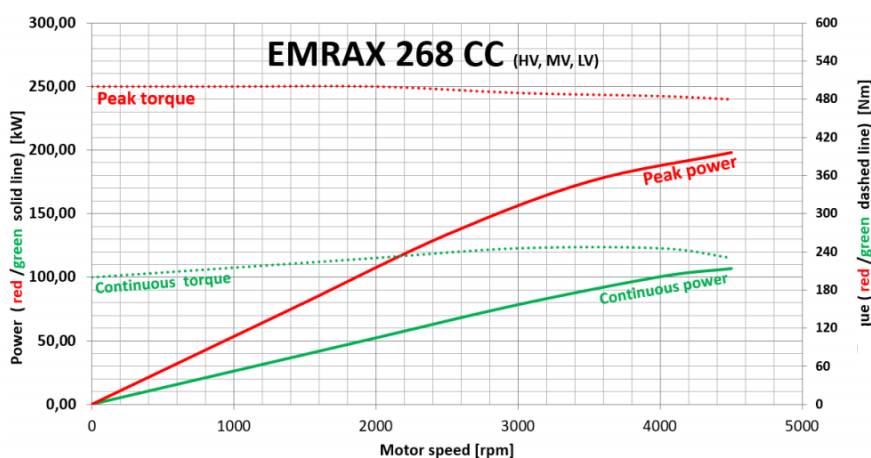
Síla vyvozená gravitací pro 20% sklon ($\alpha \approx 11^\circ$):

$$F_g = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) = 580 \cdot 9,81 \cdot \sin(11,5^\circ) = 1134 \text{ N} \quad (8.4)$$

Kroutící moment, který je třeba překonat na hnaném kole:

$$M_p = F_g \cdot R = 1134 \cdot 0,3 = 340 \text{ Nm} \quad (8.5)$$

Elektromotor musí překonat 340 Nm pro rozjezd do 20% stoupání, lze tedy zvolit například 107 kW motor od firmy Emrax s maximálním kroutícím momentem 500 Nm. Tato firma také vyrábí o řadu silnější motor s maximálním kroutícím momentem 1000 Nm a nominálním výkonem 210 kW. Případně lze použít dva slabší motory v tandemu.



Obrázek 8.1 – Emrax 268 [32]

Obrázek 8.2 – Graf průběhu výkonu a kroutícího momentu motoru Emrax 268 [33]

Dalším důležitým parametrem závislým na zpřevodování je maximální dosažitelná rychlost. Tuto maximální rychlost dálníku počítám za předpokladu, že se aerodynamický ztrátový výkon O_A bude rovnat maximálnímu udržitelnému výkonu motoru P_{mot} , ztrátový odpor valením pneumatik zanedbávám. Hodnoty pro výpočet aerodynamického odporu, jako čelní plocha S_x a koeficient odporu C_d , jsem zvolil podle podobného vozidla, Monotraceru Peraves. Maximální rychlost by neměla být menší než maximální dálniční rychlost 130 km/h.

Kontrola maximální dosažitelné rychlosti:

$$P_{mot} = O_A \quad (8.6)$$

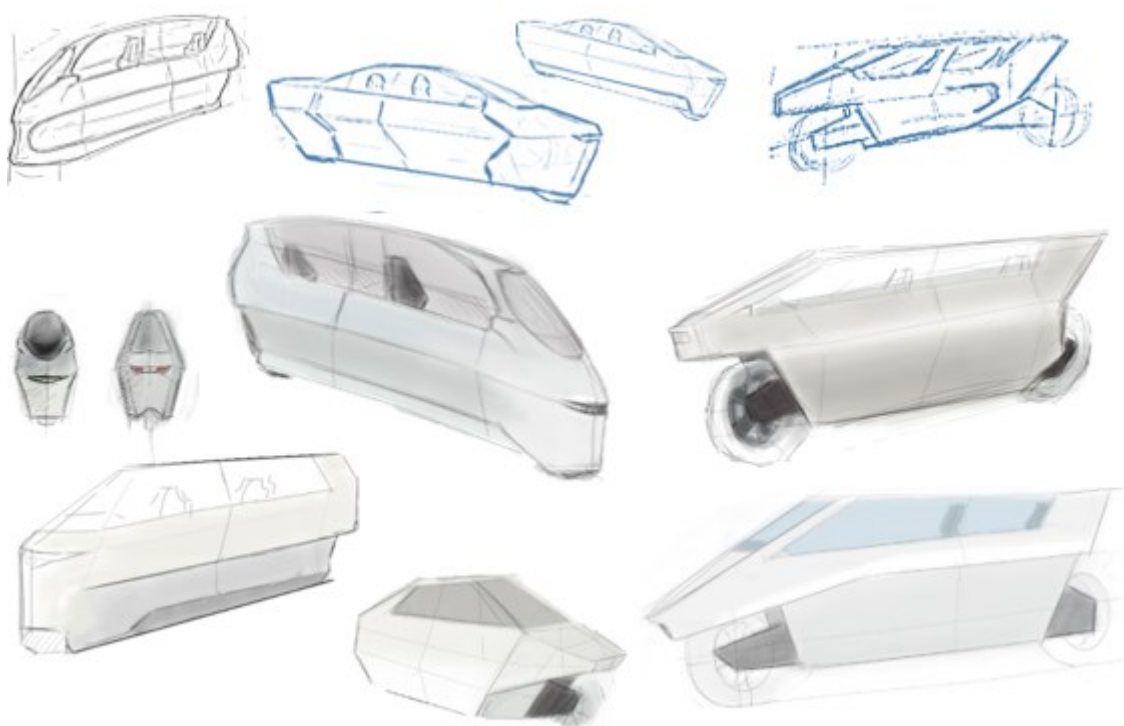
$$P_{mot} = \frac{1}{2} \cdot S_x \cdot C_d \cdot \rho_{vzduchu} \cdot v_{max}^3 \quad (8.7)$$

$$v_{max} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot P}{C_d \cdot S_x \cdot \rho_{vzduchu}}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 107000}{0,19 \cdot 1,2 \cdot 1,2}} = 92,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 331 \text{ km/h} \quad (8.8)$$

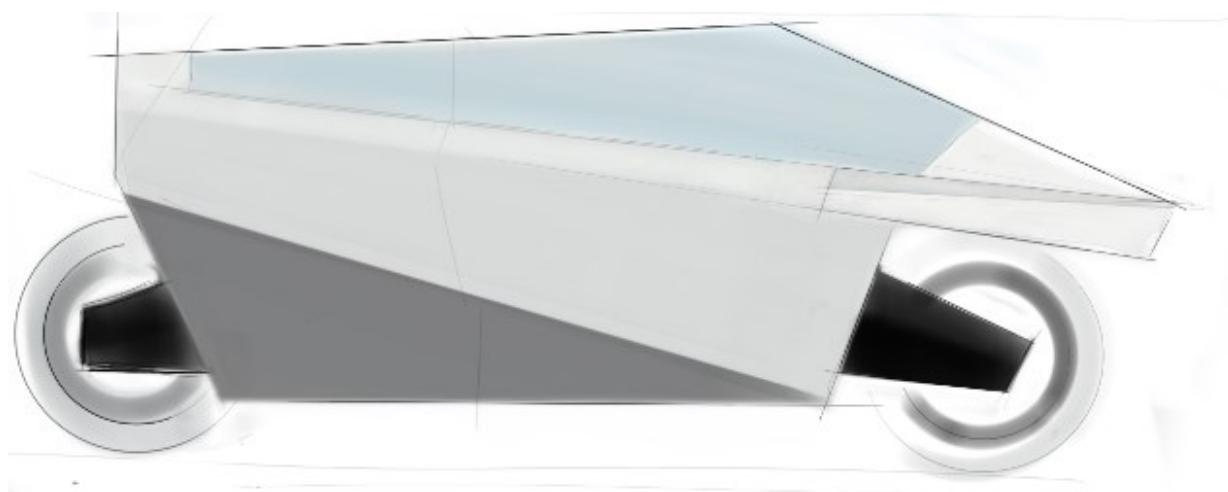
9. Návrhy vlastního řešení

9.1. Vývojové řady

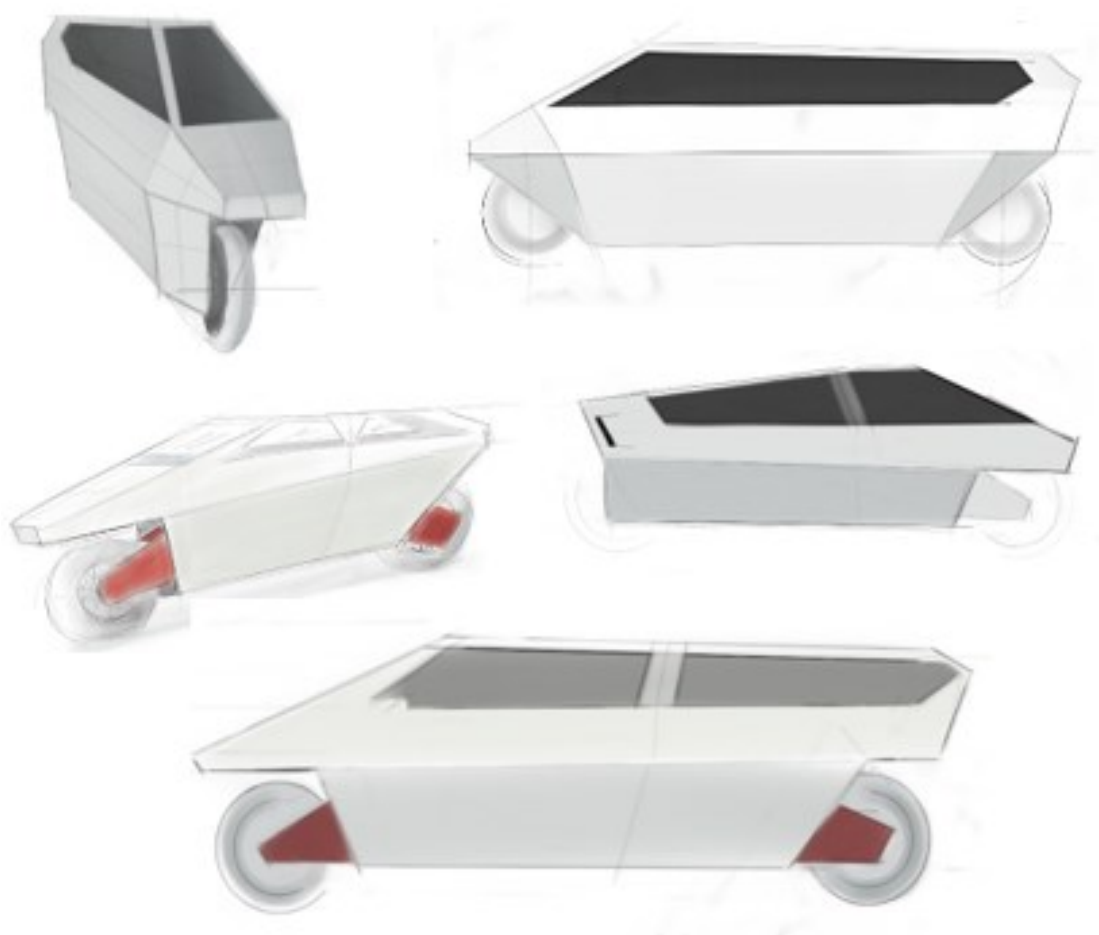
V prvních variantách jsem experimentoval hlavně s jednoduchými rovinnými tvary, to vedlo k výsledným konceptům, viz obrázky 9.2 a 9.4.



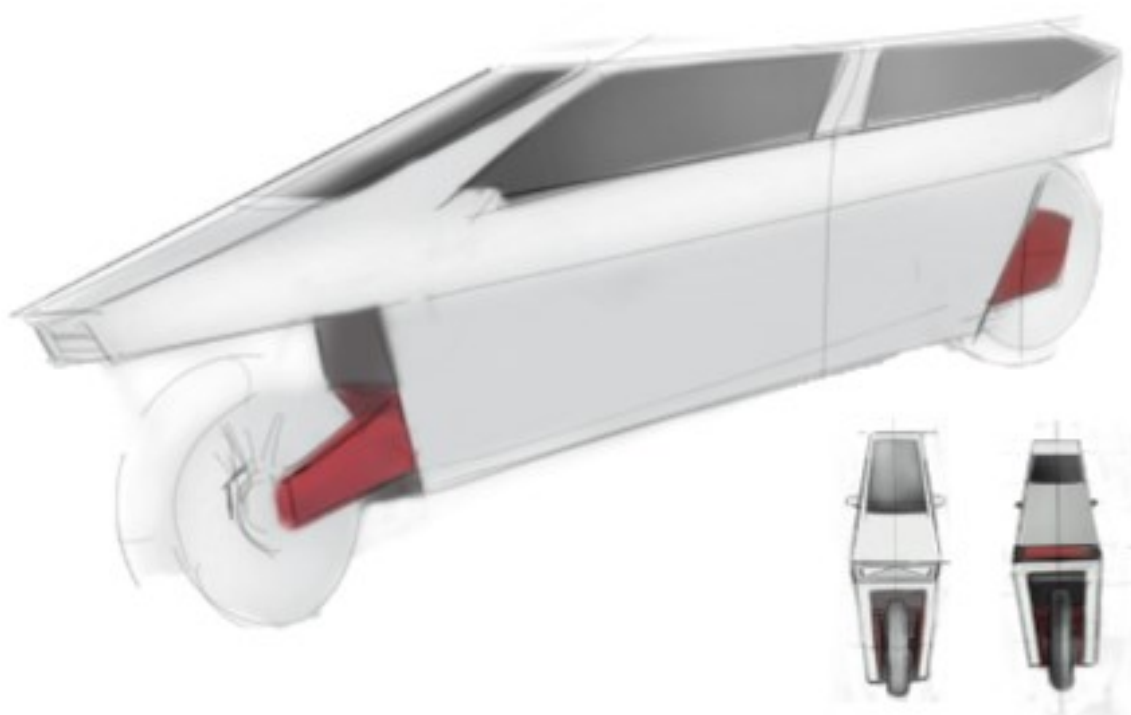
Obrázek 9.1 – Některé skici prvních variant



Obrázek 9.2 – Skica prvního konceptu

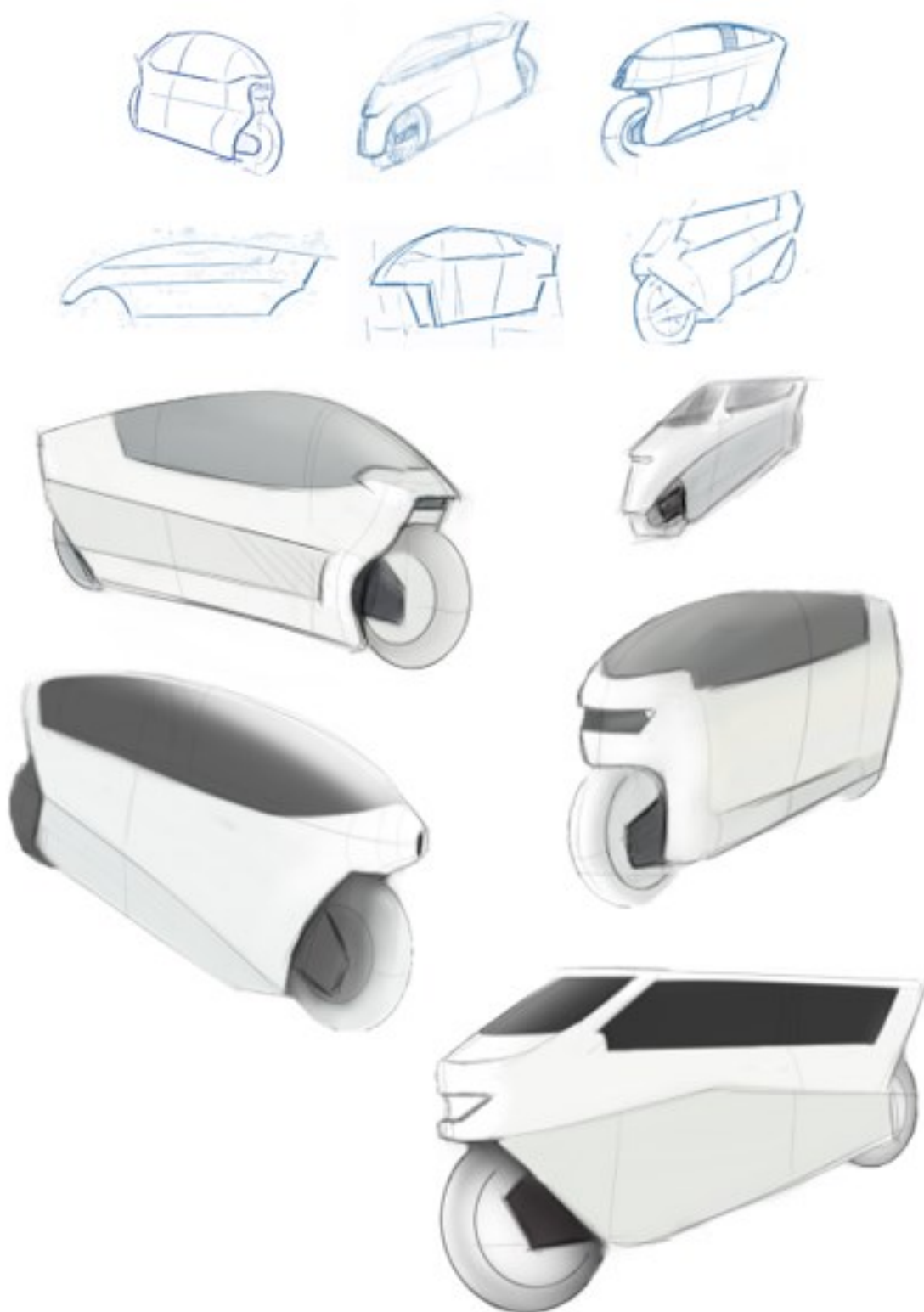


Obrázek 9.3 – Další skici založené na prvním konceptu



Obrázek 9.4 - Druhý koncept

Další varianty, které jsou kombinací jednoduchých rovinných tvarů a organického designu, viz obrázky 9.5 a 9.6.



Obrázek 9.5 – Další varianty s vysunutou přední částí karoserie



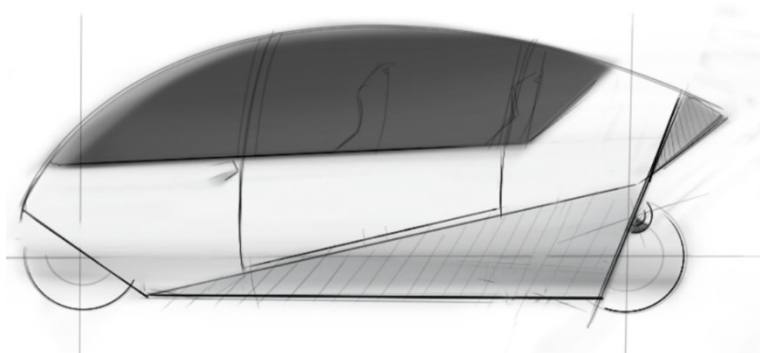
Obrázek 9.6 – Další varianty s dominantní přední částí karoserie



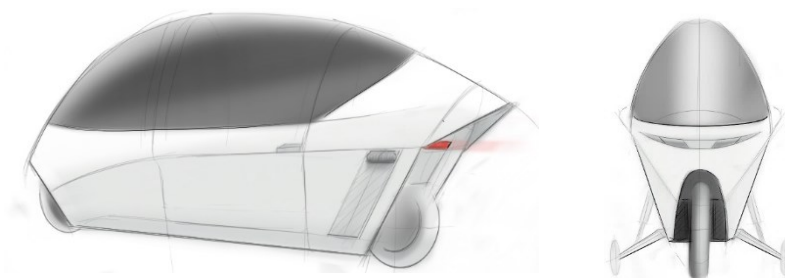
Obrázek 9.7 – Další tvarové varianty inspirované předchozími variantami

9.2. Vybraná koncepce s chronologickým postupem vývoje

Nakonec jsem vybral koncepty, viz obrázek 9.8 a 9.9, které jsou inspirovány tvary z předchozích variant. Kombinují jednoduchý organický vzhled s rovinnými plochami spolu s dominantní přední částí karoserie. Druhá varianta se liší provedením bočního prolisu, který oproti tomu v první variantě zasahuje výrazně do přední části karoserie a výrazně ovlivňuje její tvar.

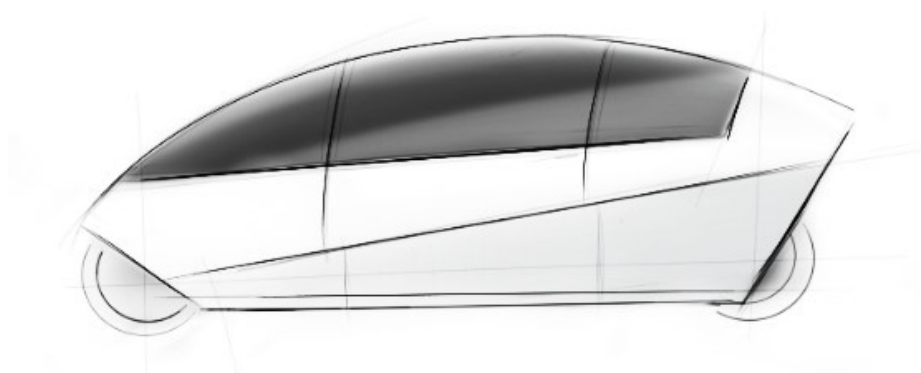


Obrázek 9.8 – Varianta č.1



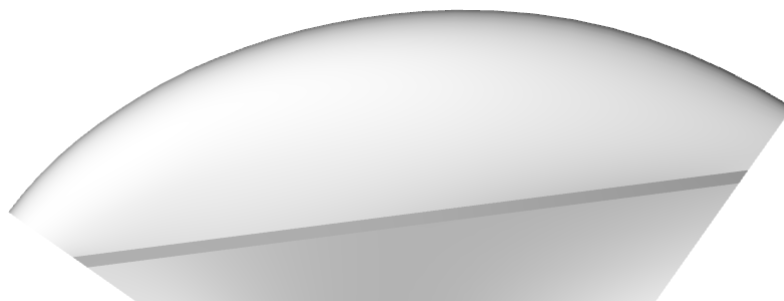
Obrázek 9.9 – Varianta č.2

Následně jsem tvar vybrané koncepce optimalizoval, opticky jsem odlehčil přední část a celkově se snažil tvar více opticky prodloužit a snížit. Také jsem se rozhodl pro jiné provedení prolisu, který je kombinací obou předchozích variant. Tím se zachovává atraktivní vzhled z profilu z první varianty spolu se vzhledem přední části z varianty druhé, viz obrázek č. 9.10.



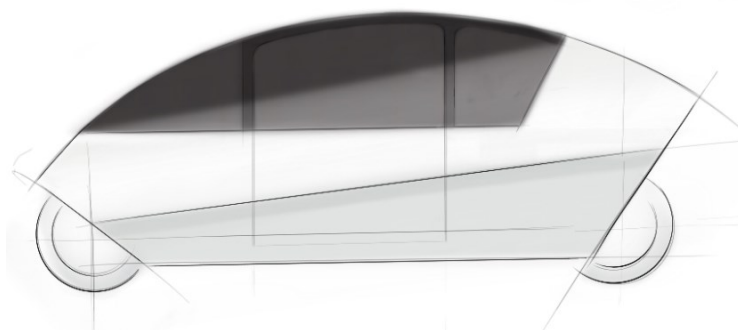
Obrázek 9.10 – Upravený tvar

Upravený tvar jsem vymodeloval v programu Rhinoceros 5 podle skutečných proporcí získaných ze somatografické studie, viz kapitola č. 6. Tímto jsem si ověřil, jestli vybraný tvar vyhovuje z hlediska prostoru pro posádku, baterie atd.

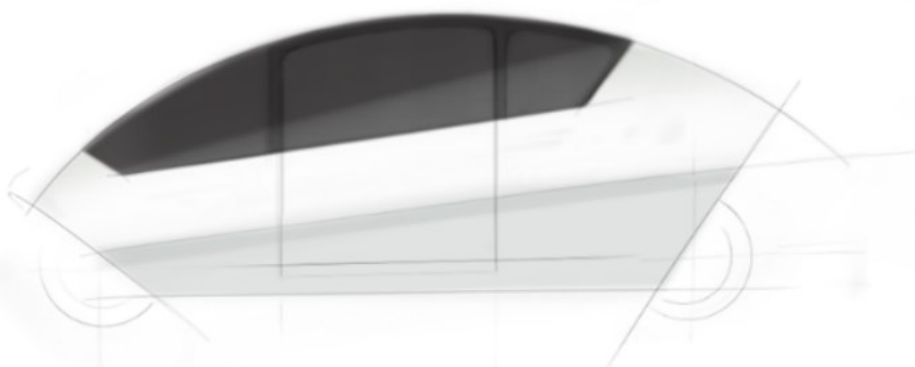


Obrázek 9.11 – Vymodelovaný tvar podle skutečných rozměrů

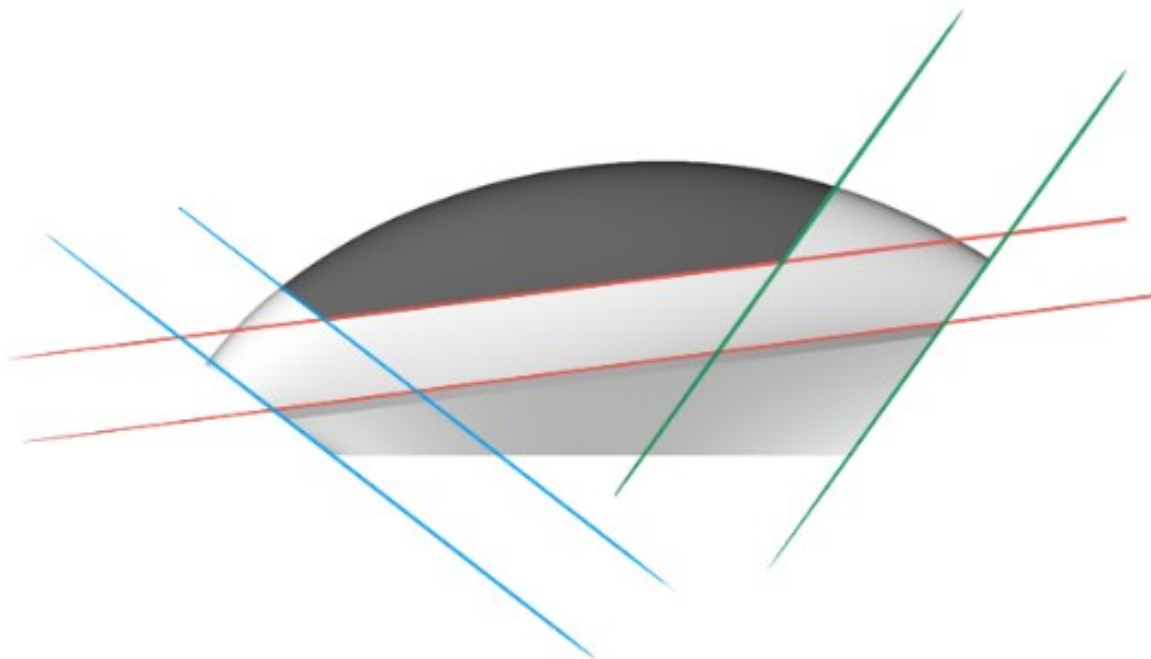
Dále jsem řešil tvarování a velikost okna, vytvořil jsem dvě varianty. První varianta na obrázku 9.12 kopíruje spodní horizontální linii karoserie. Druhá varianta, viz obrázek 9.13, kopíruje linii bočního prolisu a vertikální linie přední i zadní části. Tvar první varianty vytváří v zadní části příliš velkou prosklenou plochu, také horizontální linie v kombinaci s linií prolisu působí chaoticky. Vybral jsem proto druhou variantu, která je přirozenější a uceluje celkový tvar karoserie tím, že jsou linie oken rovnoběžné s karoserií, viz obrázek č. 9.14.



Obrázek 9.12 – První varianta tvaru okna

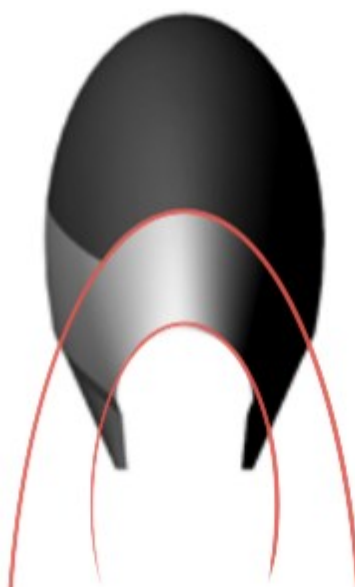


Obrázek 9.13 – Zvolená druhá varianta tvaru okna



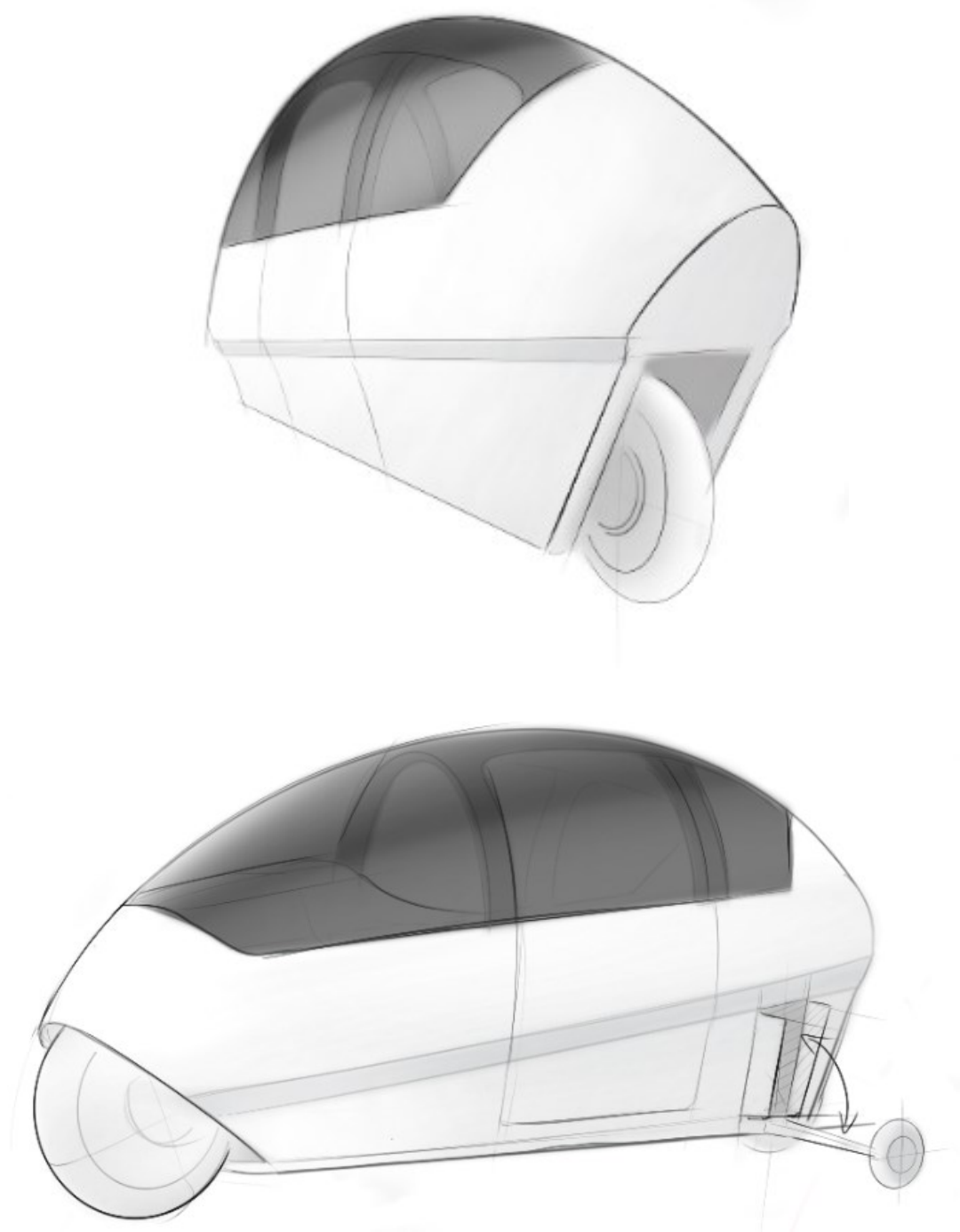
Obrázek 9.14 – Rovnoběžné linie zvolené varianty

Takto zvolený tvar okna také vytváří zajímavou linii okna z předního pohledu, která kopíruje přední tvar karoserie, viz obrázek 9.15. Tento tvar také opticky výrazně zvětšil přední plochu, která tím působí více vyváženě ke zbytku karoserie.



Obrázek 9.15 – Přední pohled zvolené varianty

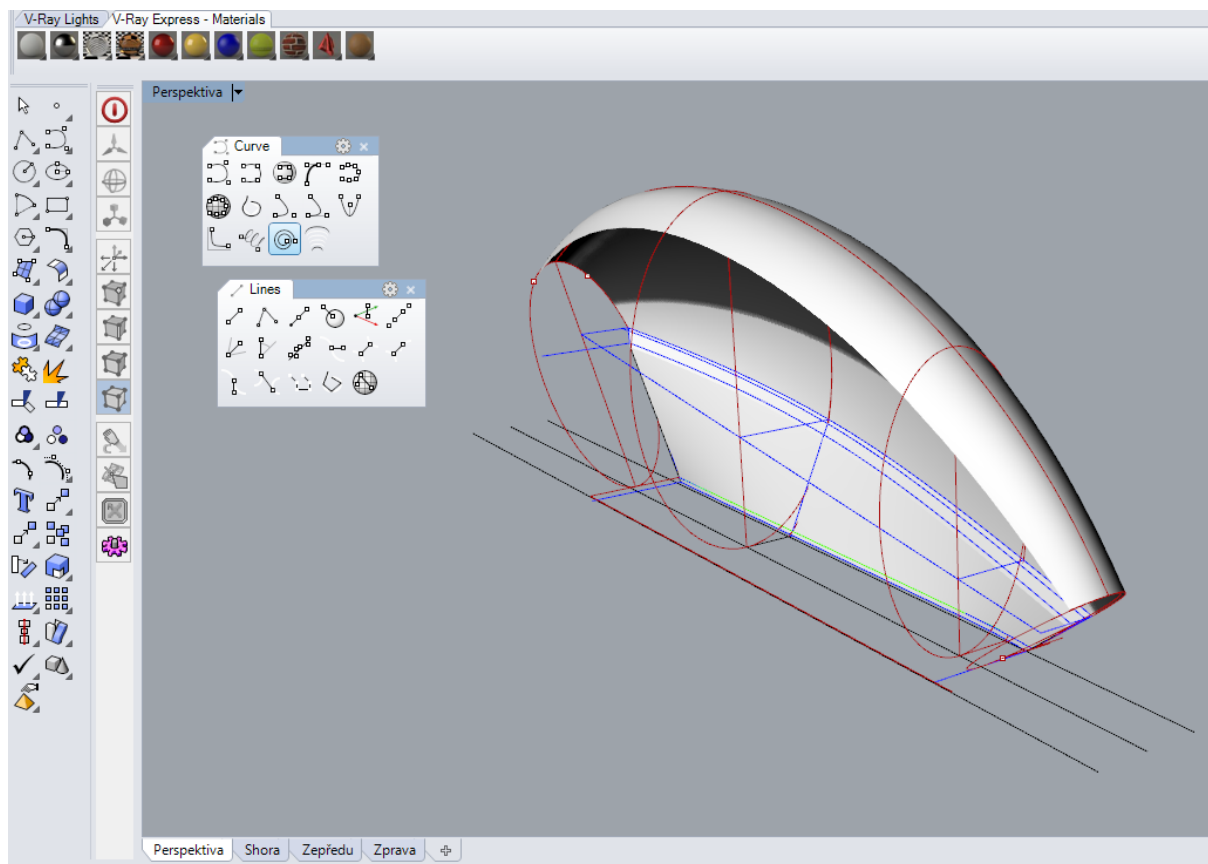
9.3. Finální podoba zvolené varianty



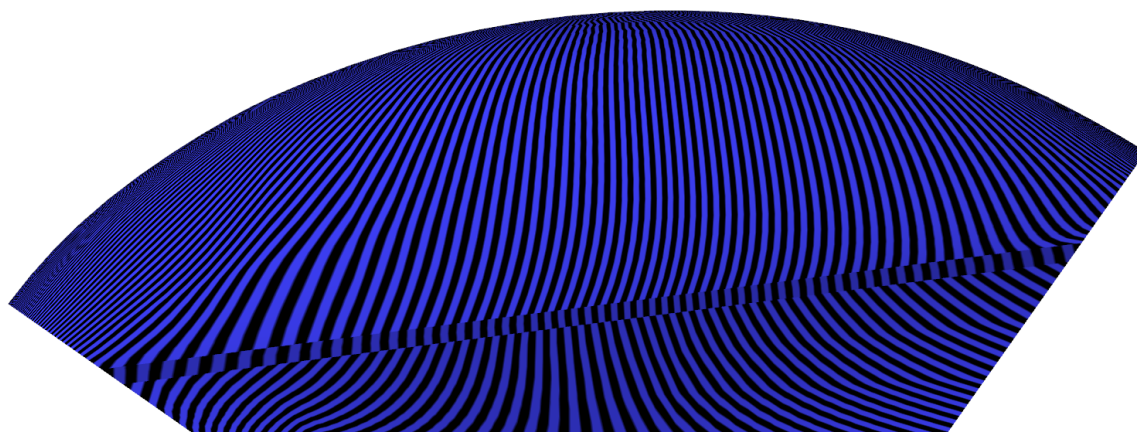
Obrázek 9.16 – Finální skici zvolené varianty

10. Tvorba 3D modelu

3D model jsem tvořil v programu Rhinoceros 5. Návaznosti ploch jsem kontroloval přes enviromentální mapu, viz obrázek 10.2.

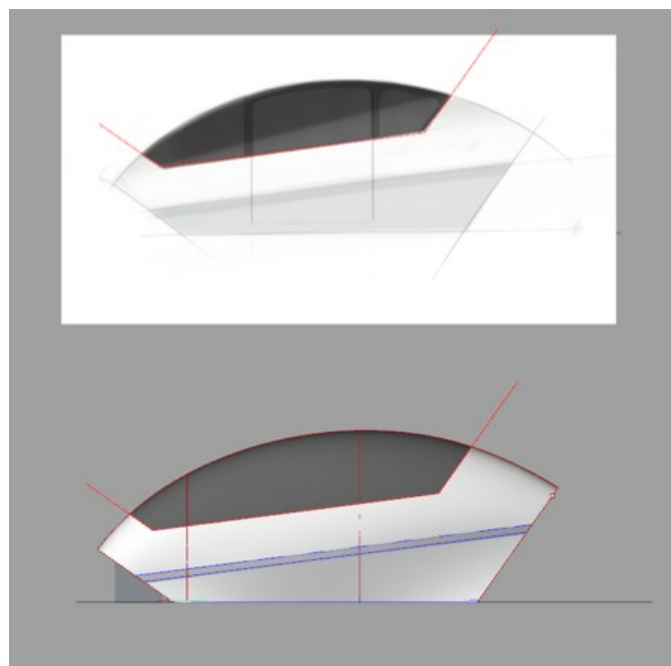


Obrázek 10.1 – Tvorba karoserie



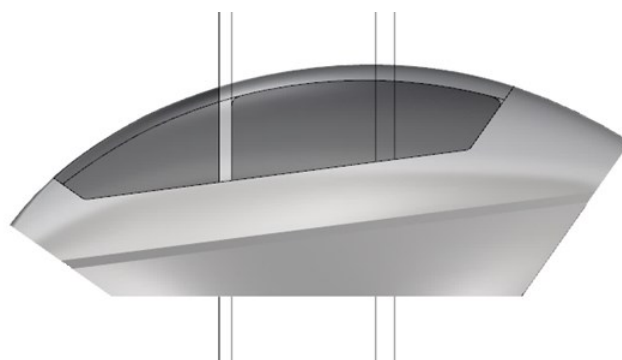
Obrázek 10.2 - Kontrola ploch enviromentální mapou

Při tvorbě modelu jsem využíval naskicované předlohy, které jsem vložil do modeláře pro rychlé přenesení tvarů a linií, například na obrázku 10.3 jde vidět obkreslení linie okna ze skici do 3D modelu. Stejnou metodou jsem přenášel linie bočního prolisu a podobně.

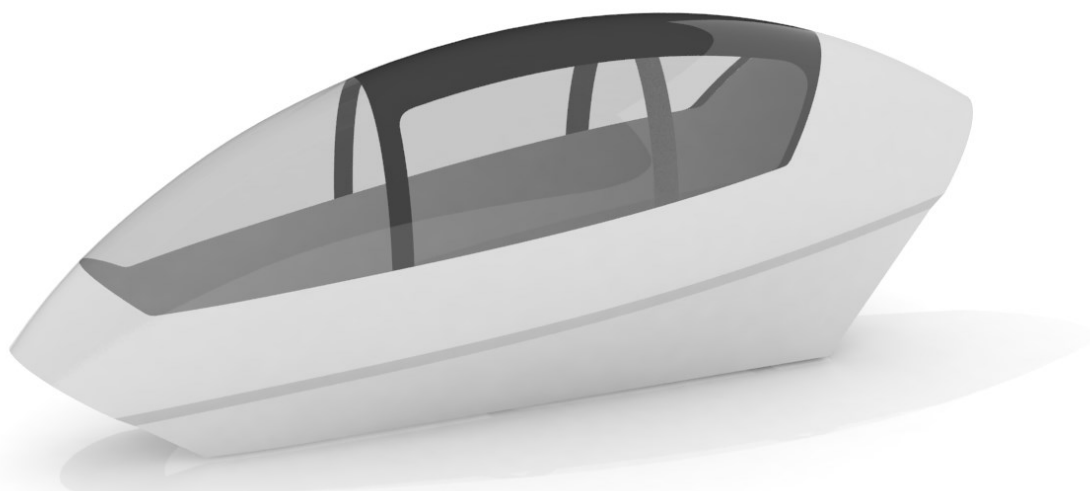


10.3 – Modelování tvaru okna podle skici

Po vytvoření oken jsem musel zvolit polohu sloupků. Zvolil jsem konstrukci střechy se dvěma sloupky. Středový nejmohutnější sloupek je schovaný za sklem, viz obrázek 10.5.



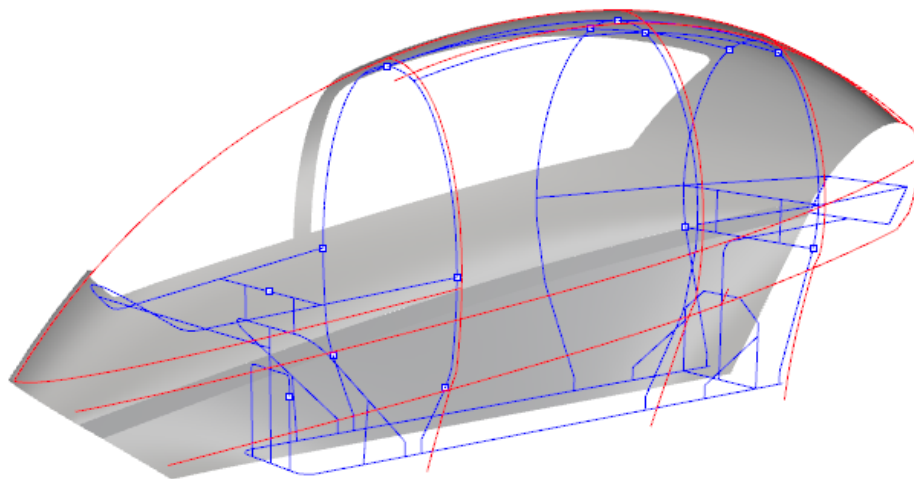
10.4 – Poloha sloupků a tvar střechy



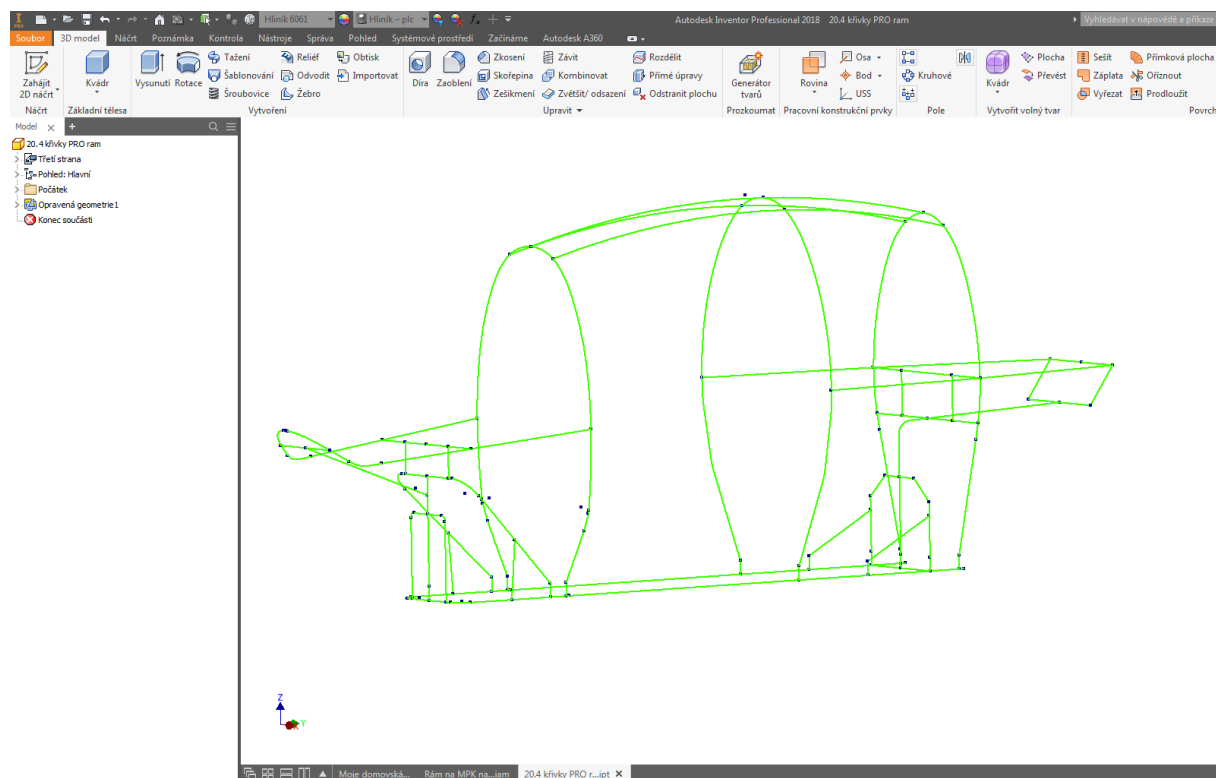
Obrázek 10.5 – Vizualizace střechy

10.1. Tvorba rámu a podvozku

Rám jsem vytvářel pomocí dvou programů, Rhinoceros 5 a Autodesk Inventor. V programu Rhinoceros 5 jsem vytvořil křivky os profilů pomocí odsazení od křivek karoserie, viz obrázek 10.6. Tyto křivky jsem následně exportoval do programu Inventor, kde jsem využil funkce vkládání rámových profilů na křivky. Stejný program jsem využil pro pevnostní analýzu rámu, viz kapitola 10.1.1.

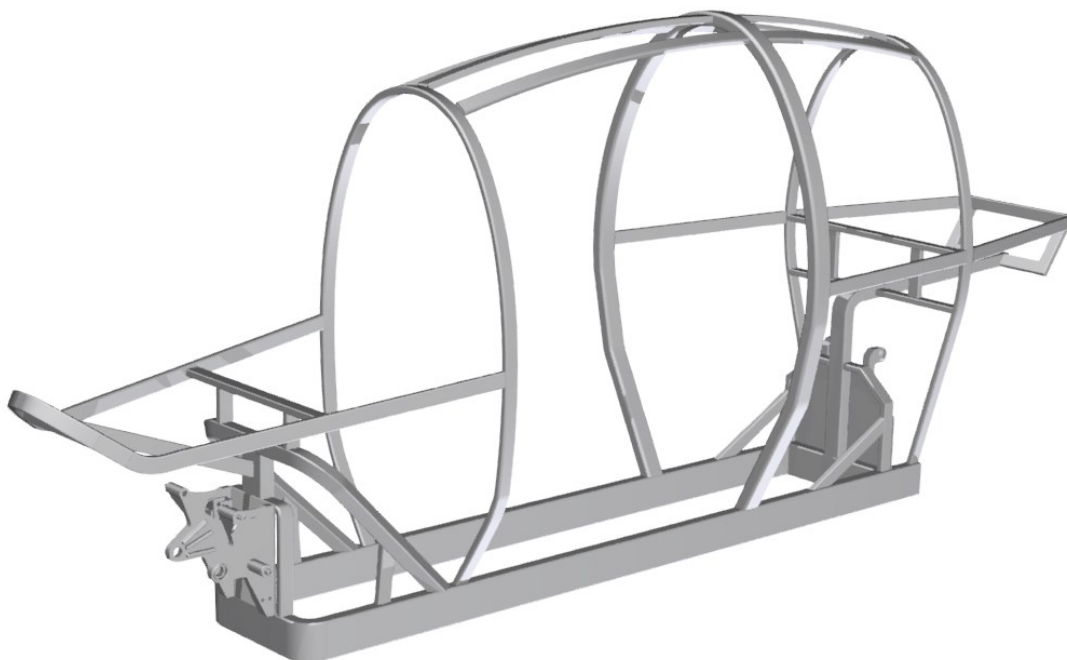


Obrázek 10.6 – Křivky pro osy profilů (modrou barvou)



Obrázek 10.7 - Exportované křivky do programu Inventor

Rám jsem vytvořil ze svařených hliníkových obdélníkových profilů o různých rozměrech, k rámu jsou navařeny nápravy kol. Přední náprava slouží k ukotvení kola s takzvaným rejdovým čepem. Zadní náprava je klasická jednoduchá konstrukce pro pákové zavěšení zadního kola. Obě nápravy se zavěšením a jejich další popis viz kapitola 10.1.2.

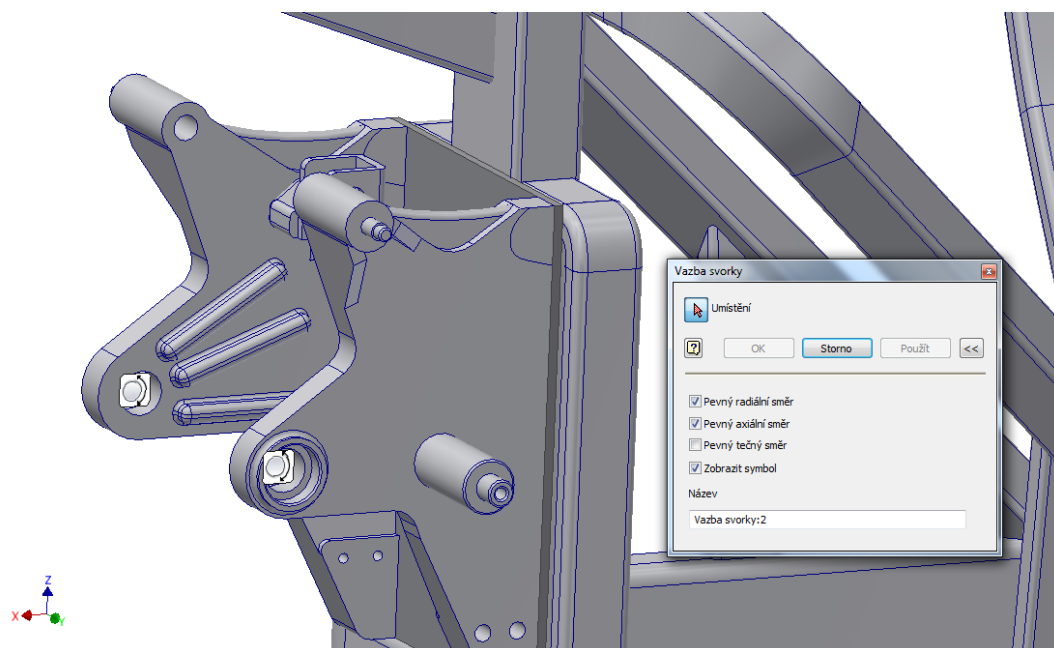


Obrázek 10.8 - Rám

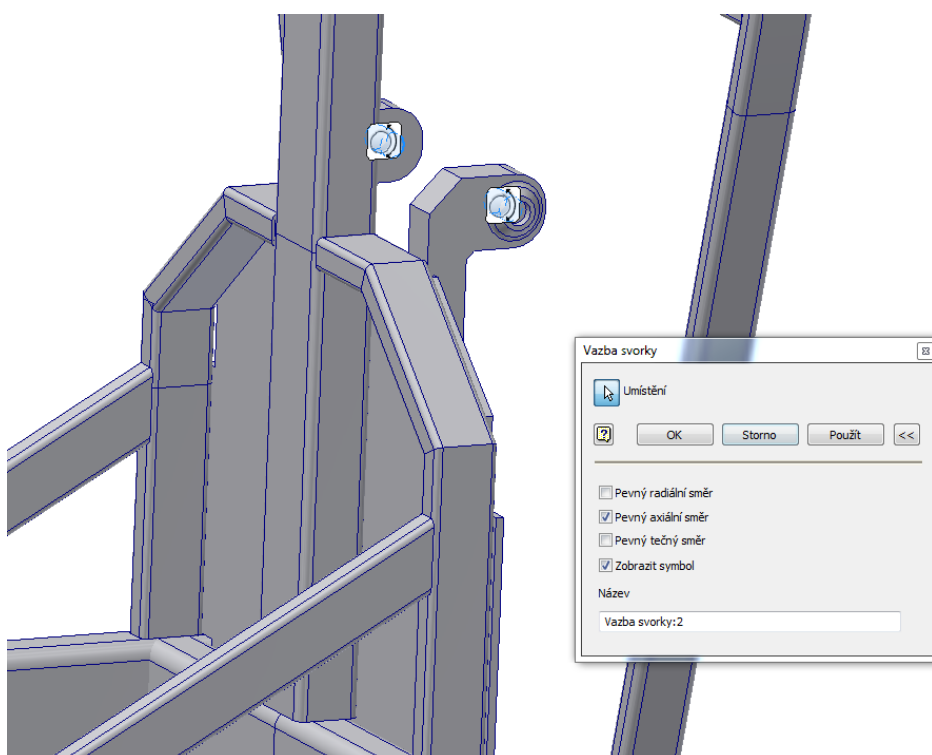
10.1.1. Pevnostní analýza rámu MKP

Volba okrajových podmínek

Jako okrajové podmínky jsem zvolil dvě kloubové-otočné podpěry umístěné v osách obou náprav, to simuluje reálné zatížení rámu, který je namáhán například svou vlastní vahou, posádkou, bateriemi, karoserií, ale také dynamickým zatížením od kol, jako jsou například brzdné účinky, rázy a podobně. Jedna kloubová-otočná podpěra umožňuje i horizontální posun kvůli umožnění roztažení a většímu průhybu rámu, také se zamezí možnému vzniku koncentrace napětí kvůli jinak pevně zavazbené poloze obou os. Zadání okrajových podmínek jde vidět na obrázcích 10.9 a 10.10.



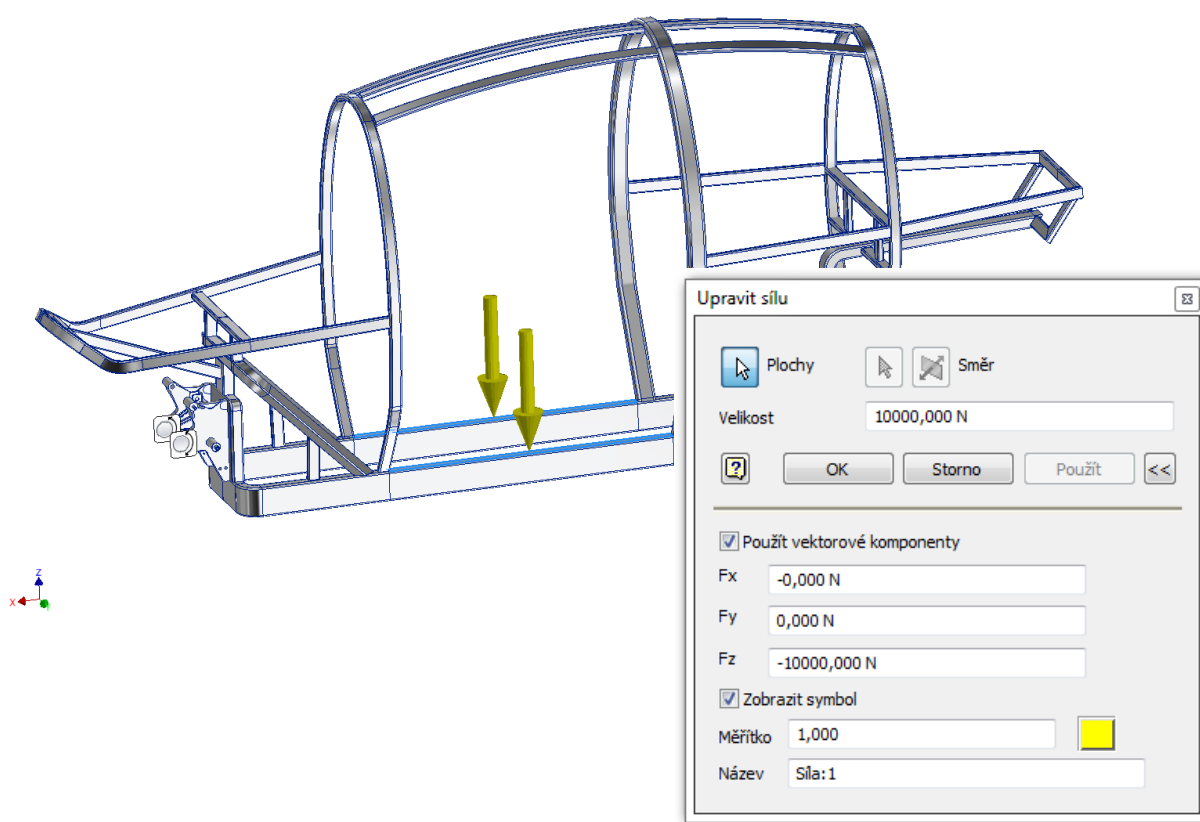
Obrázek 10.9 - Kloubová-otočná podpěra v přední nápravě



Obrázek 10.10 - Kloubová-otočná podpěra v zadní nápravě s umožněným horizontálním posunem

Zatížení

Rám jsem zatížil dvěma silami, které působí na dvě symetrické plochy v základu rámu. Ve skutečnosti by zatížení posádkou a například zatížení bateriemi mělo jiné působíště, pro zjednodušení jsem však vybral působíště, které nahradí všechny tyto účinky a uvažuji, že všechny působí na nejméně vyztuženou část základu rámu. V osmé kapitole zjednodušeným výpočtem odhaduji váhu dálníku na hodnotu cca 600 kg. Abych simuloval i dynamické zatížení rámu do statické analýzy, tuto hodnotu ještě násobím přetížením 3 G, celkové zatížení tedy zaokrouhluji na 2 tuny, viz obrázek 10.11.



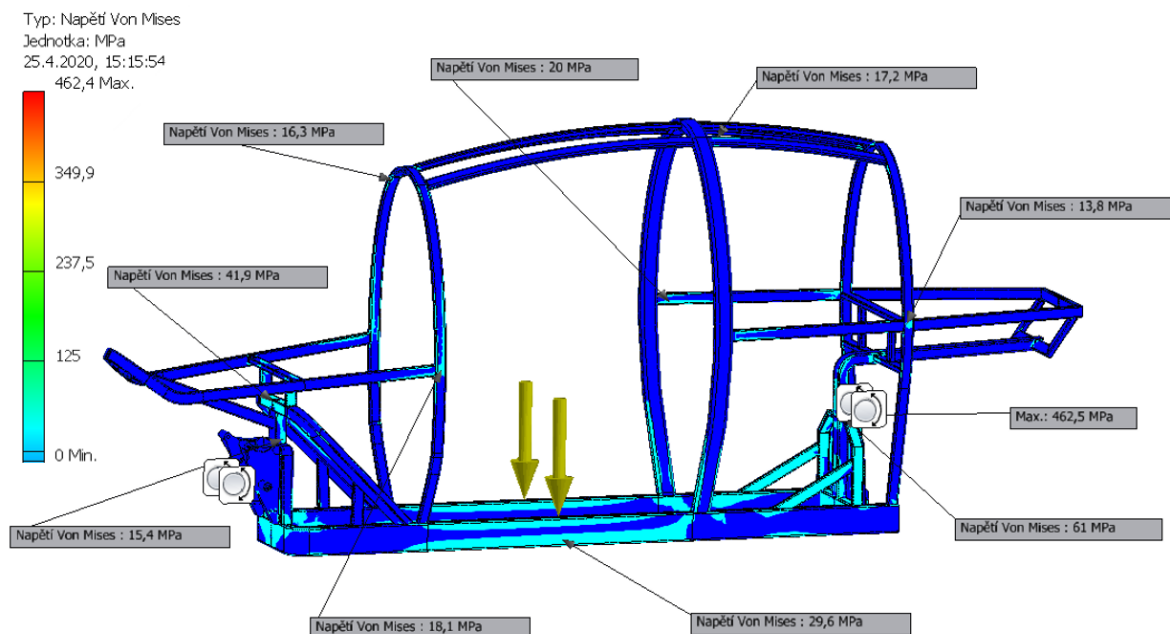
10.11 – Zatížení rámu

Materiál rámu

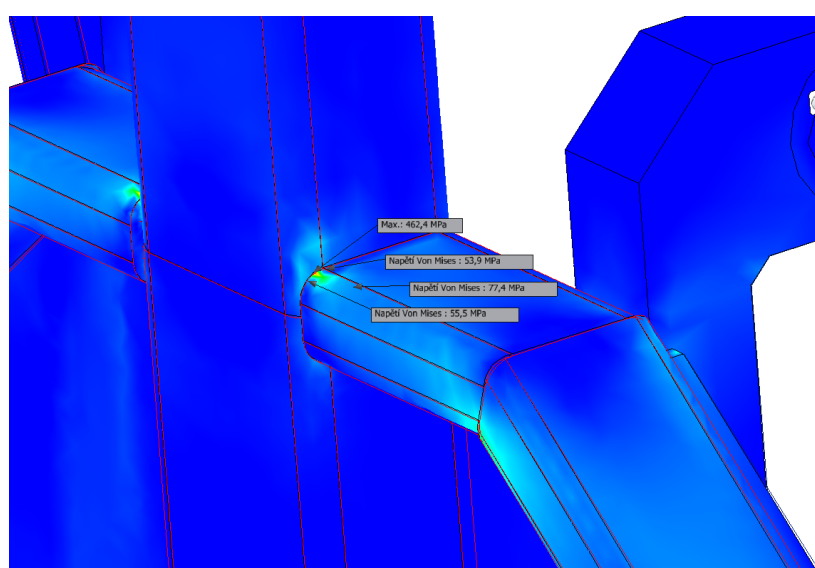
Z možných materiálů jsem zvolil hliník 6061 - T6, ten se díky své pevnosti a nízké hmotnosti používá například u rámu jízdních kol. Mez kluzu u tepelného zpracování T6 je 275 MPa.

Výsledky analýzy

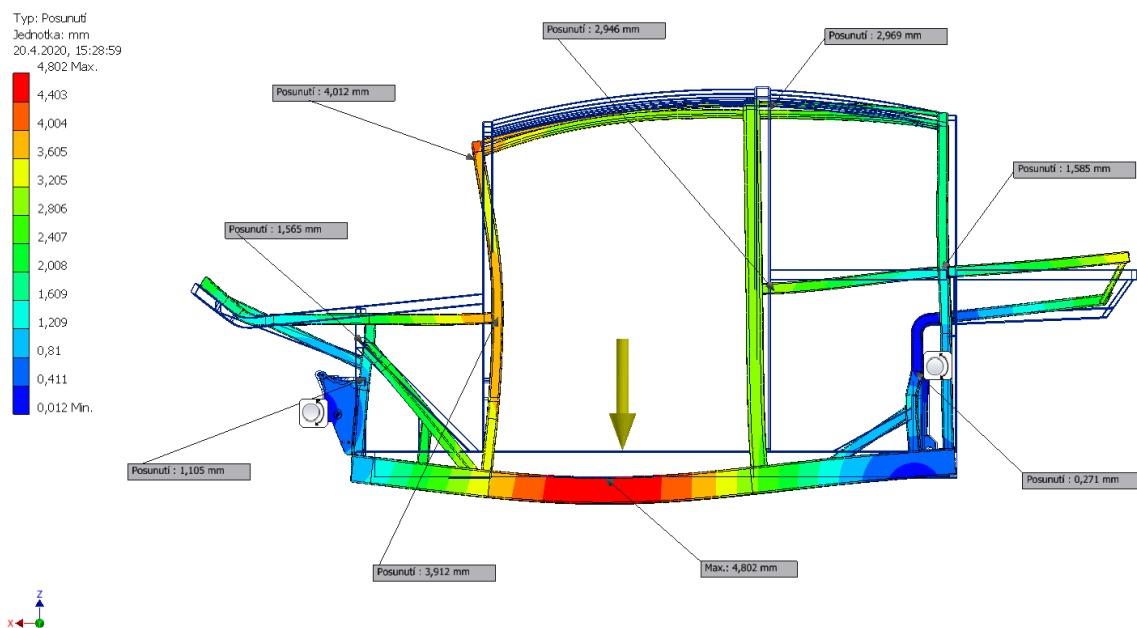
Z výsledků na obrázku 10.12 jde vidět, že i přes relativně vysoké zatížení rámu se napětí drží pod polovinou meze kluzu. Maximální napětí 462,5 MPa vzniklo na velmi malé ploše kvůli styku hran profilů, viz obrázek 10.13. Jelikož v analýze nepočítám se svary, lze očekávat, že v bodech styku ostrých hran profilů mohou vzniknout koncentrace napětí. Z těchto důvodů toto maximální napětí zanedbávám. Průhyb rámu lze vidět na obrázku 10.14, maximální průhyb o hodnotě 4,8 mm vznikl v místě zvoleného působíště sil.



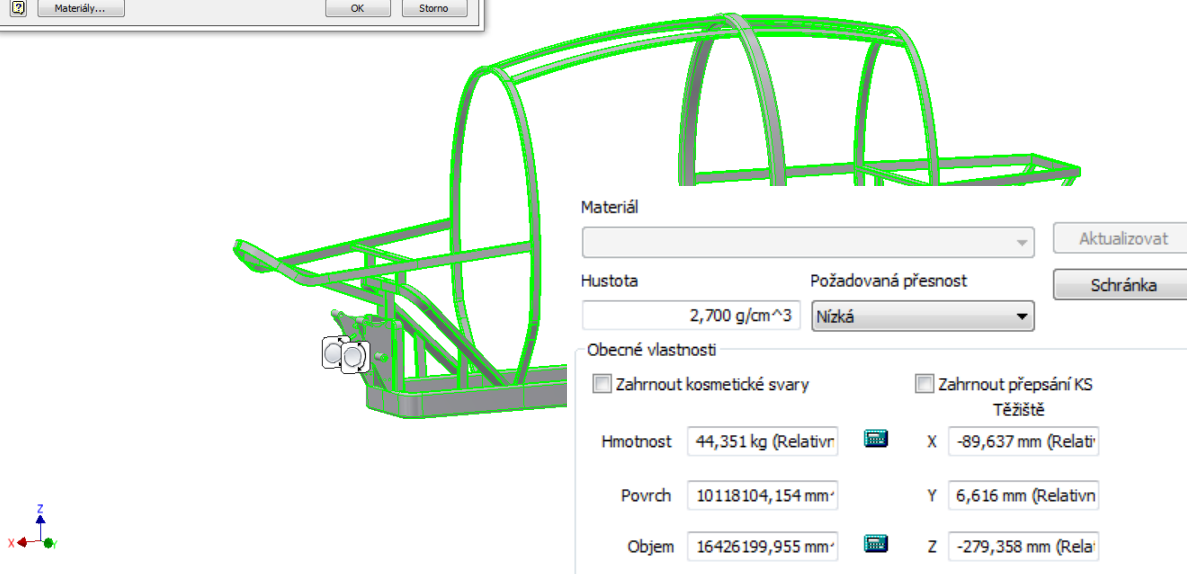
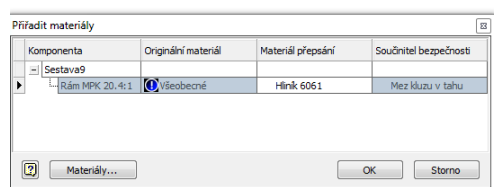
Obrázek 10.12 – Napětí rámu



Obrázek 10.13 – Místo bodového maximálního napětí



Obrázek 10.14 – Posunutí rámu

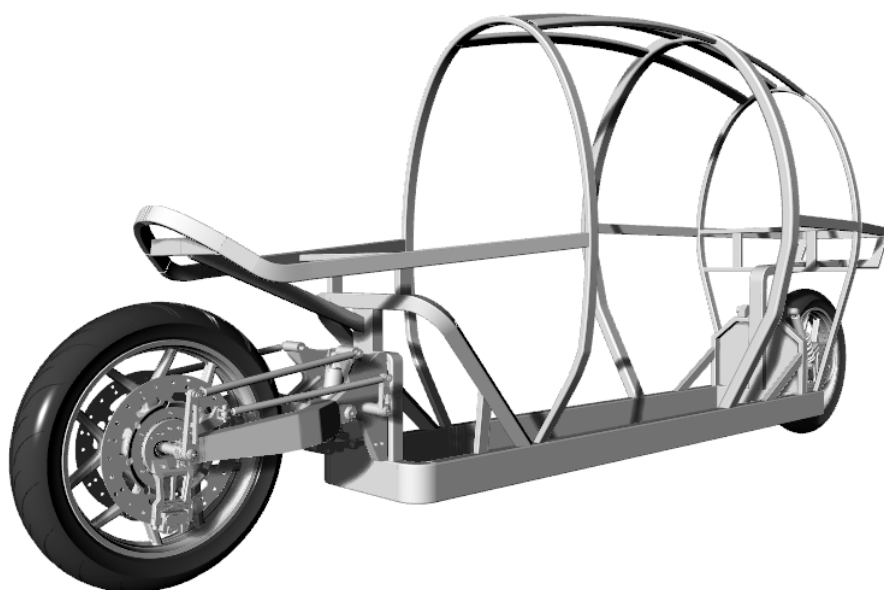


10.15 – Váha rámu

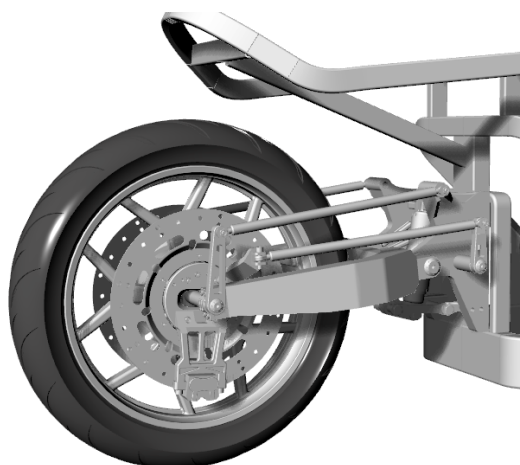
Vyhodnocení výsledků

Z výsledků analýzy usuzuji, že rám je dostatečně pevný a je ho možné použít i přes zvolené působíště sil a relativně nízkou hmotnost 45 kg včetně náprav. Další provedené analýzy rámu a dodatečné informace jsou umístěny v příloze A.

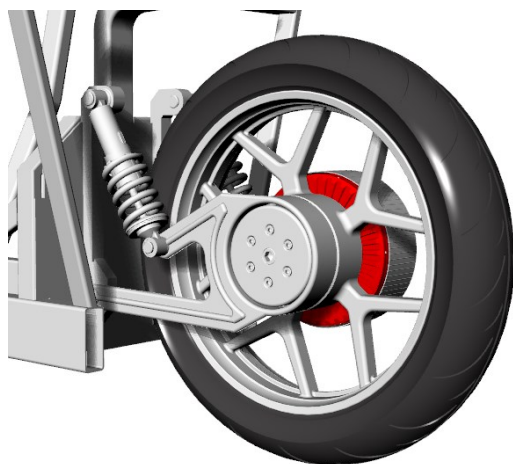
10.1.2. Podvozek



10.16 – Rám s podvozkem



Přední náprava se zavěšením využívající takzvaný rejdový čep. Ovládaná je přes táhla řízení, tuto konstrukci jsem zvolil vzhledem k již zmíněným výhodám u motocyklu Bimota v kapitole číslo 4. Tento typ zavěšení také nevyžaduje prostor nad kolem, oproti klasické vidlici.



Zadní náprava s jednoduchým pákovým zavěšením a elektropohonem umístěným v zadním kole dle vybraných specifikací, viz kapitola číslo 2.

Jako pohon slouží elektromotor Emrax 268, viz kapitola č. 8. Elektromotor (znázorněn červeně) je zakrytován proti vniknutí nečistot a vody.

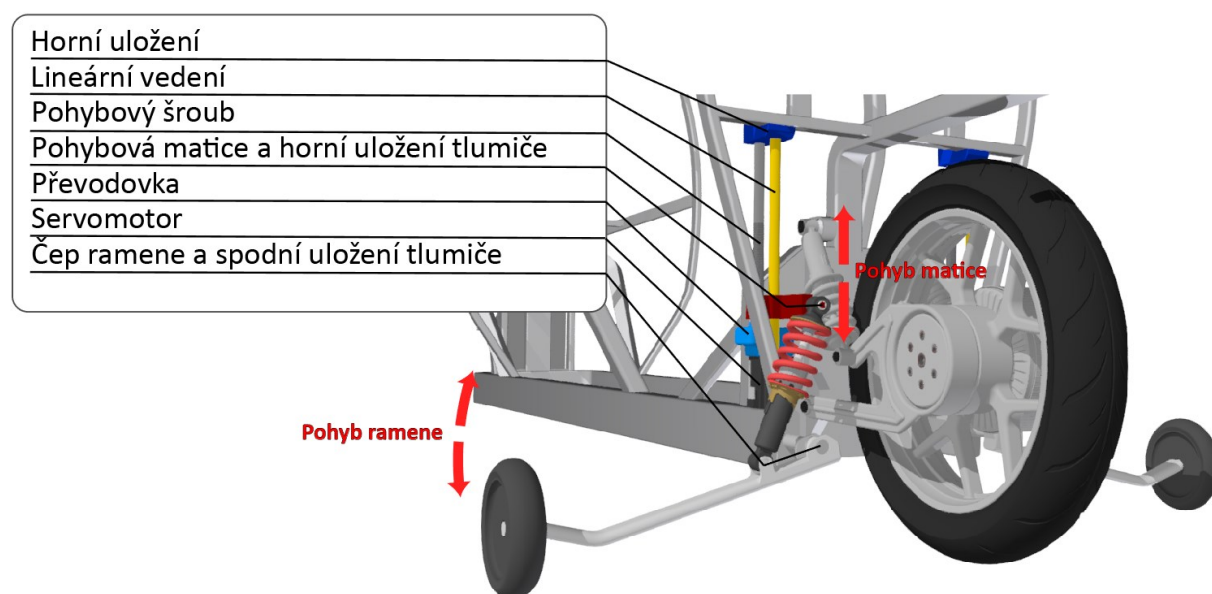
Obrázky 10.17 – Nápravy se zavěšením

Stabilizační podvozek

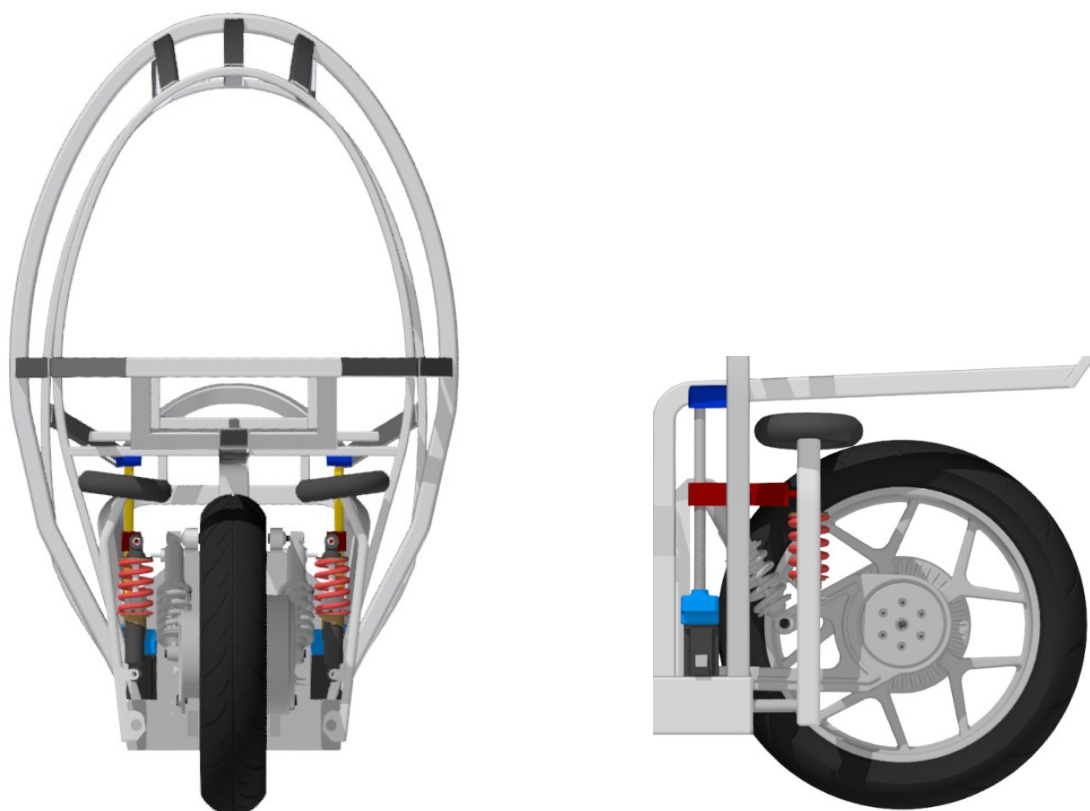
Jednostopá kabinová vozidla, stejně jako motocykly, nejsou v klidovém stavu, nebo při příliš nízké rychlosti stabilní a musí se u nich vyřešit zamezení překlopení na stranu. Zatímco u klasických motocyklů zastává za jízdy stabilizaci řidič a při parkování vyklápěcí stojan, u kabinových motocyklů se používá pomocných koles, které se dají manuálně nebo automaticky vysunout a zasunout.

Pro můj koncept dálníku jsem vytvořil návrh stabilizačního podvozku, mým cílem bylo navrhnout kompaktní jednoduchý podvozek, který se celý dokáže schovat do zadní části karoserie. Koncept, viz obrázek 10.18, funguje tak, že servomotorem hnaný pohybový šroub pohybuje maticí, která vysouvá rameno rotačním pohybem kolem čepu ramene. Závit pohybového šroubu musí být samosvorný (nebo jinak „zamknut“ ve své poloze), aby po rotaci pohybového šroubu matice nebyla schopna silovými účinky zpětně rozpohybovat šroub. Tomu také může pomoci servomotor, který sám o sobě dokáže klást velký odpor proti protočení, nebo může být osazen brzdou. Rameno je spojeno s maticí přes tlumič. Namáhání pohybového šroubu na ohyb zamezuje lineární vedení.

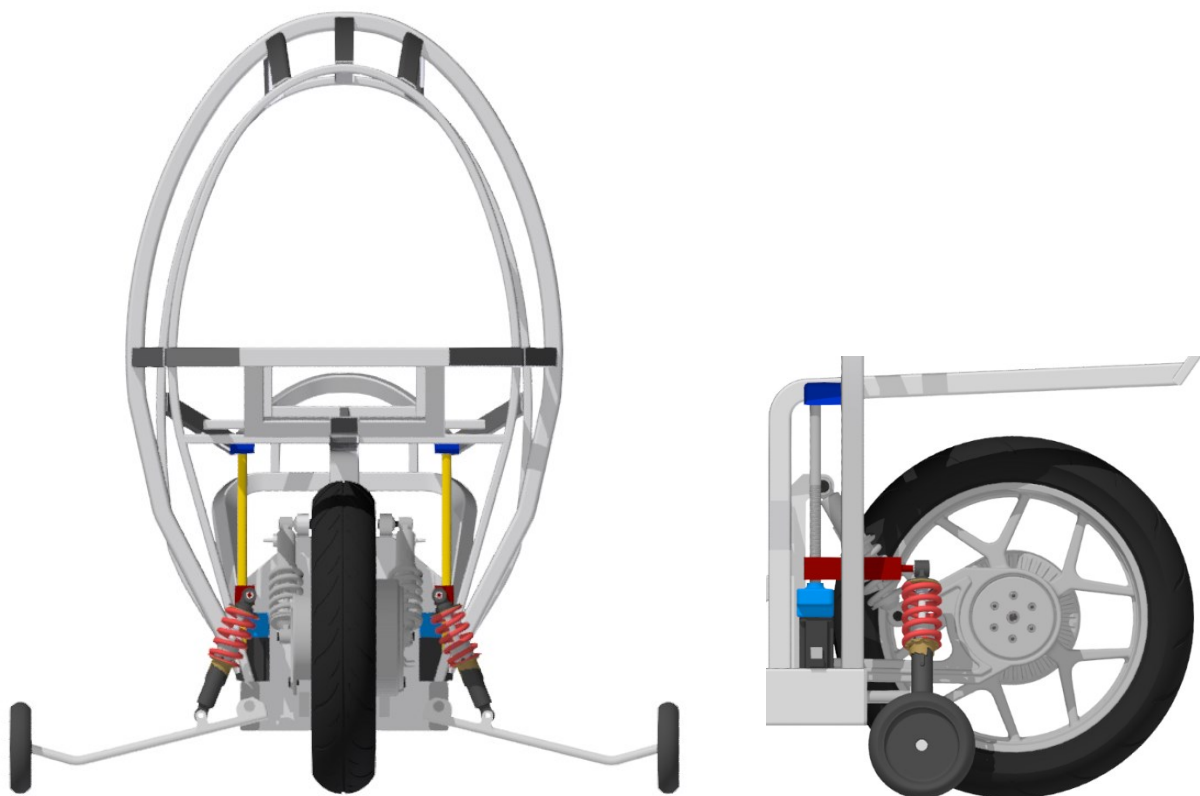
Tato koncepce zabere jen málo místa zástavby a umožňuje ovládání zasouvacích koles nezávisle, to znamená, že se podvozek může přizpůsobit každé straně jinak. To lze využít například pro asistenci při velkých náklonech, nebo pro stabilnější zastavení ve sklonu či nerovném terénu. Tato koncepce také umožňuje snadné vyřešení odpružení výsuvného podvozku v jakékoliv poloze.



Obrázek 10.18 – Koncept stabilizačního podvozku



Obrázek 10.19 – Stabilizační podvozek v horní poloze



Obrázek 10.20 – Stabilizační podvozek ve spodní poloze

10.1.3. Kontrolní výpočty použitelnosti konceptu

Pro ověření funkčnosti tohoto konceptu jsem provedl kontrolu pohonu pohybového šroubu, kontrolu rychlosti vysunutí stabilizačního podvozku a zjednodušený výpočet stability.

Kontrola samosvornosti a potřebný kroutící moment servomotoru

Rychlost vysunutí podvozku závisí na otáčkách pohybového šroubu n_s a stoupání závitu P . Pro splnění podmínky samosvornosti pohybového šroubu počítám s použitím jednochodého trapézového šroubu Tr 22 x 5. Jako další řešení velmi rychlého vysouvání lze využít například nesamosvorný kuličkový pohybový šroub a servopohon s dostatečně silnou brzdou.

(10.1)

Úhel stoupání závitu:

$$\Psi = \arctg \frac{P_h}{\pi \cdot d_2}$$
$$\Psi = \arctg \frac{5}{\pi \cdot 19,39}$$
$$\Psi = 4,692^\circ$$

Redukovaný třecí úhel:

$$\varphi' = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$
$$\varphi' = \arctg \frac{0,12}{\cos \frac{30}{2}}$$
$$\varphi' = 7,082^\circ$$

Podmínka

samosvornosti:

$$\Psi \leq \varphi'$$
$$4,692 \leq 7,082'$$

Kroutící moment servomotoru potřebný pro vysunutí a zasunutí podvozku není třeba nijak velký, protože samotná hmotnost podvozku v pohybovém šroubu nevyvolá skoro žádnou osovou sílu. Podvozek by však díky použití pohybového šroubu mohl zastávat i bezpečnostní funkci, kdy by například po havárii umožnil nadzvednutím dálníku otevření posuvných dveří. Proto provádím kontrolní výpočet potřebného kroutícího momentu pro zvednutí dálníku, to znamená zátěž cca 600 kg na jedno rameno.

Obvodová síla potřebná pro zvedání dálníku:

$$F_o = G \cdot \operatorname{tg} (\Psi + \varphi') \quad (10.2)$$

$$F_o = 600 \cdot 9,81 \cdot \operatorname{tg} (4,692 + 7,082')$$

$$F_o = 1227 \text{ N}$$

Potřebný kroutící moment:

$$M_k = F_o \cdot \frac{d_2}{2} = 1227 \cdot \frac{19,39}{2} = 11890 \text{ Nmm} = 11,9 \text{ Nm} \quad (10.3)$$

Potřebný krouticí moment dokážou vyvinout už poměrně kompaktní servomotory, je však nezbytné počítat s tím, že pro rychlé vysunutí podvozku je třeba, aby servopohon měl dostatečné otáčky. Toto jsem se rozhodl vyřešit jednoduchou dvoustupňovou převodovkou s převodovým poměrem $i = 2$ a volbou servomotoru, který kvůli převodu dokáže po krátkou dobu vyvinout minimálně dvakrát větší krouticí moment. Tyto podmínky splňuje například servomotor od firmy OMRON-R88M-K3K030C, viz obr. 10.21.

Tabulka č.2 – Technické údaje servomotoru Omron

Technické údaje:	
Krouticí moment	9,55 Nm
Maximální otáčky	3000 ot/s
Špičkový krouticí moment	28,6 Nm



Obrázek 10.21 - OMRON-R88M [34]

Výpočet rychlosti vysunutí podvozku

Protože počítám s převodovým poměrem $i = 2$, otáčky pohybového šroubu se budou rovnat dvojnásobku otáček servopohonu n_s , to je 6000 ot/s. Pro vysunutí ramene do koncové polohy musí matice urazit vzdálenost $s = 180$ mm. Stoupání zvoleného pohybového šroubu $P = 5$ mm.

Čas vysunutí:

(10.4)

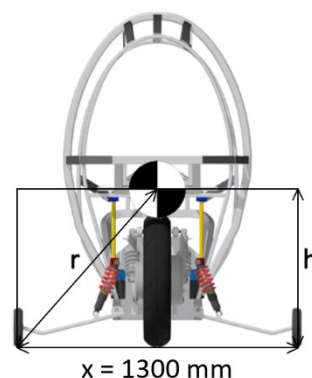
$$t_v = \frac{s}{\frac{n_s}{60} \cdot P} = \frac{180}{\frac{6000}{60} \cdot 5} = 0,36 \text{ s}$$

Při výpočtu zanedbávám rozběh servomotoru do maximálních otáček, výpočtem jsem však ověřil, že je možné koncept vysunovacího podvozku použít.

Výpočet stability dálníku

Díky použití baterií v podvozku lze přepokládat, že rozchod kol stabilizačního podvozku 1,3 m je více než dostatečný, pro jistotu jsem provedl jednoduchý výpočet stability, který toto tvrzení potvrzuje. Výška těžiště 0,8 m je kvůli správnosti výpočtu nadsazená, skutečná pozice těžiště by se pohybovala níže.

$$r = \sqrt{h^2 + \left(\frac{x}{2}\right)^2} = \sqrt{0,8^2 + \left(\frac{1,3}{2}\right)^2} = 1,03 \text{ m}$$



Obrázek 10.22 – Těžiště

Práce potřebná pro převrácení:

$$W = m \cdot g \cdot (r - h) = 600 \cdot 9,81 \cdot (1,03 - 0,8) = 1354 \text{ J} \quad (10.5)$$

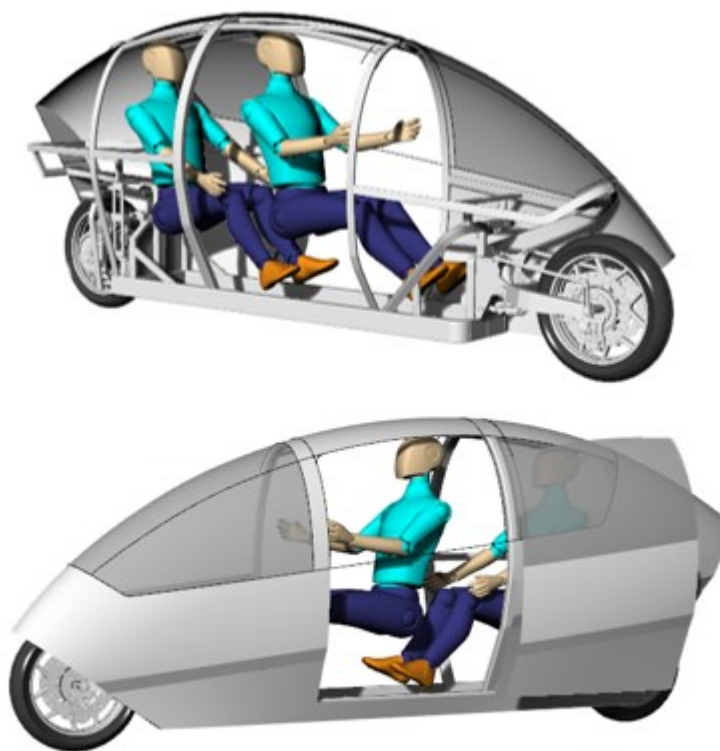
10.2. Konstrukce dveří

Rozhodl jsem se pro použití posuvných dveří, které se často používají například u rodinných vozů. Tato koncepce umožňuje větší nástupní prostor než konvenční řešení, a i přes možné větší rozměry zasahují do bočního prostoru jen minimálně, což je zejména pro dálník s kompaktními



Obrázek 10.23 – Peugeot 1007 [35]

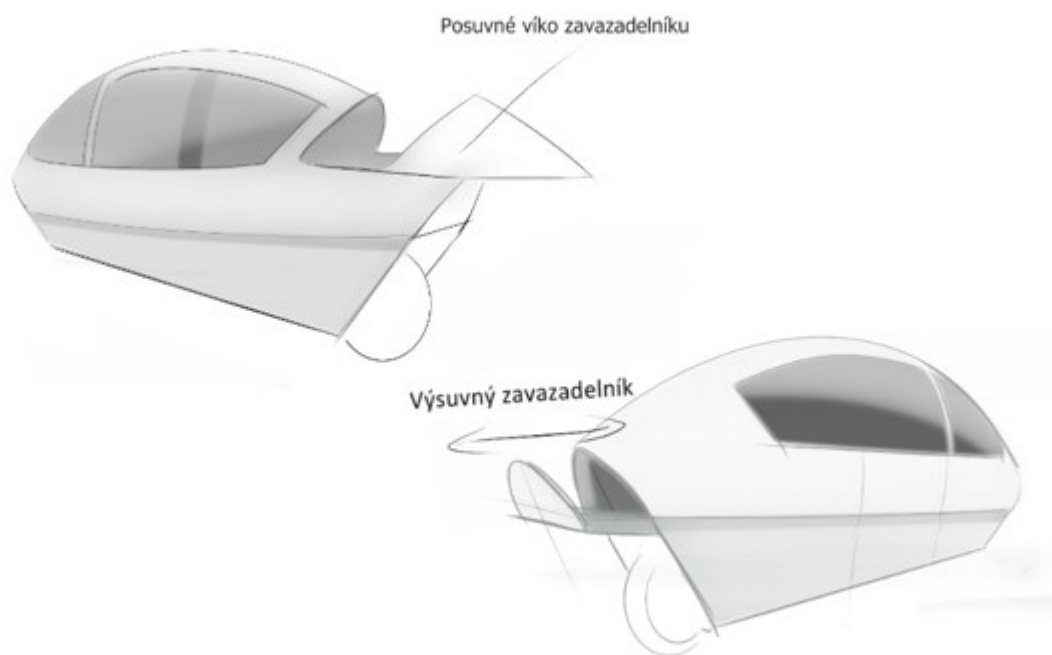
rozměry důležitá vlastnost, kterou jsem se rozhodl v konceptu využít. Ačkoliv se posuvné dveře většinou používají pro nástup spolujezdců v zadní řadě sedadel, jsou ideální i u třídveřových vozů jako je například Peugeot 1007, viz obrázek 10.23. Velikost nastupovacího prostoru jsem zvolil podle somatografické studie, viz kapitola číslo 6, a podle velikostí nastupovacích prostorů již existujících vozů. Rozhodl jsem se pro šířku nástupního prostoru o hodnotě 900 mm pro snadné nastupování do zadní řady i pro spolujezdce vyšší postavy.



Obrázek 10.24 - Posuvné dveře dálníku

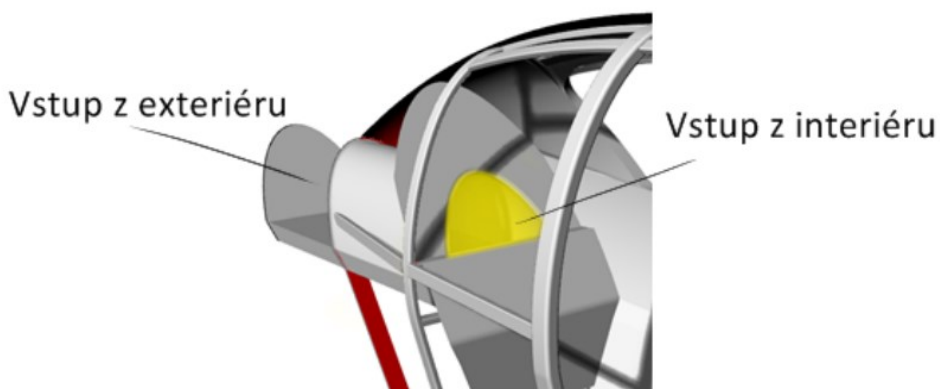
10.3. Provedení zavazadelníku

Spousta kapotovaných motocyklů má pouze vnitřní odkládací prostory, nebo malé zavazadelníky přístupné pouze z interiéru. Naopak dálníky, které jsou stavěny pro komfort jízdy jako v automobilu, viz dálník Karosa z kapitoly číslo 3, mají často klasické zavazadelníky přístupné z exteriéru vozidla.

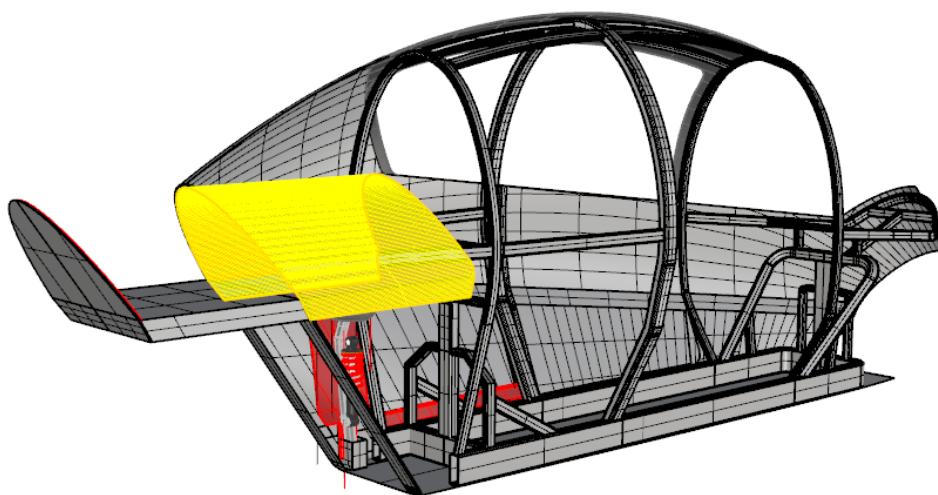


Obrázek 10.25 – Skici provedení zavazadelníku

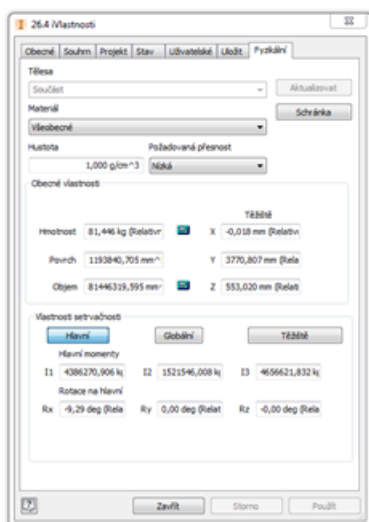
Rozhodl jsem se pro koncept výsuvného zavazadelníku, viz obrázek 10.25, který je přístupný jak z exteriéru, tak i z interiéru přes otvor žlutě zvýrazněný na obr. 10.26. Tento otvor by byl přístupný po sklopení sedačky spolujezdce.



Obrázek 10.26 – Znáznornění vstupu z exteriéru a interiéru



Obrázek 10.27 – Zavazadelník

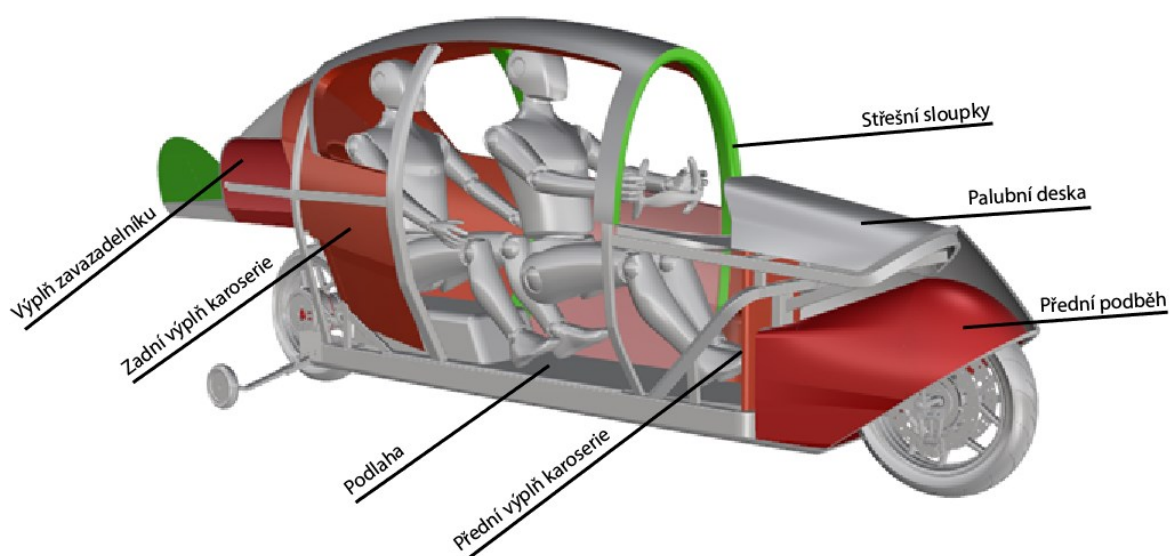


Obrázek 10.28 – Výpočet objemu zavazadelníku

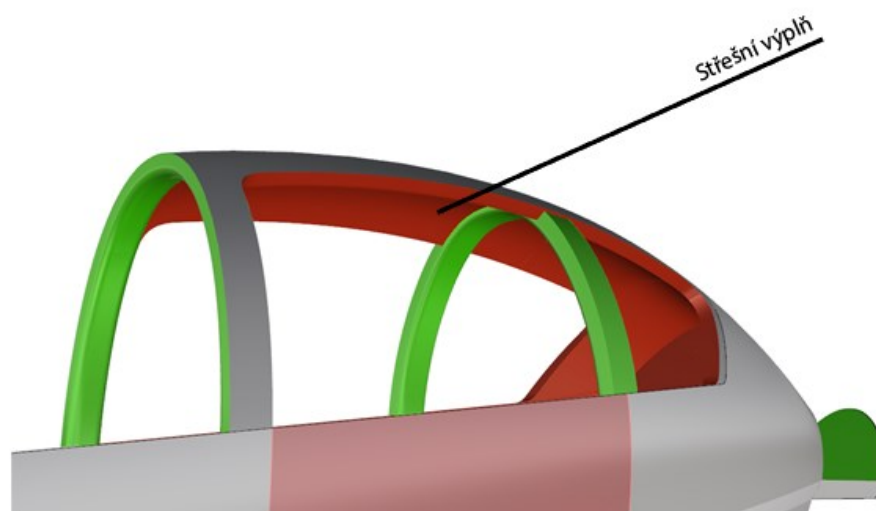
Objemy zavazadelníků malých osobních automobilů pro čtyři osoby se většinou pohybují kolem 300 litrů, u podobných dvousedadlových kompaktních vozidel se objemy zavazadelníků pohybují většinou od 20 do 200 litrů. Dálník Monotracer značky Peraves disponuje zavazadelníkem o objemu 55 litrů. Cca 80 litrový zavazadelník v mém konceptu je pro tento typ vozidla spíše nadprůměrný.

10.4. Interiér

Kromě exteriéru jsem modeloval také vnitřní struktury dálníku, zejména pro potřeby vizualizace. Modeloval jsem například střešní sloupky, podlahové plochy, výplň karoserie a střechy, přední podběh, palubní desku a také volant.



Obrázek 10.29 – Popis vnitřních struktur



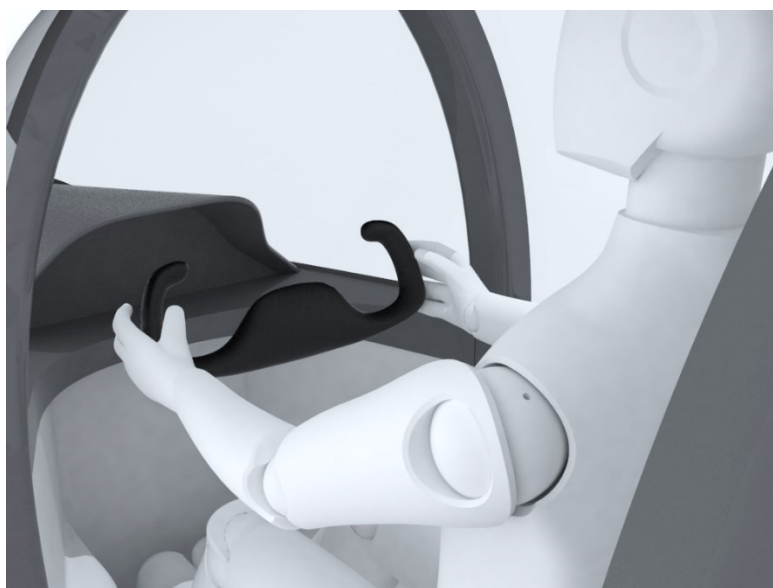
Obrázek 10.30 – Pohled na střešní výplň a sloupky

Návrh tvaru volantu

U kapotovaných motocyklů se většinou k řízení používají řídítka jako u klasických motocyklů. Dálníky naopak většinou přebírají koncepci řízení z automobilu a řidič používá klasický volant a pedály. Klasický kruhový volant však není pro řízení dvoustopých vozidel ideální, protože u těchto vozidel se používá rozsah otáčení řízení do 180°, stejně jako je tomu u řídítek nebo například u kniplů v leteckém průmyslu a spodní i horní části volantu proto nejsou žádoucí. Důležitější je větší průměr volantu pro citlivější řízení. Z těchto důvodů jsem se rozhodl vytvořit pár tvarových variant volantu inspirovaných kniply a formulovými volanty. Do finálních vizualizací jsem vybral variantu na obrázku 10.31, ostatní varianty jsou umístěny v příloze B.



Obrázek 10.31 - Vybraná tvarová varianta volantu



Obrázek 10.32 – Vizualizace volantu v kabině

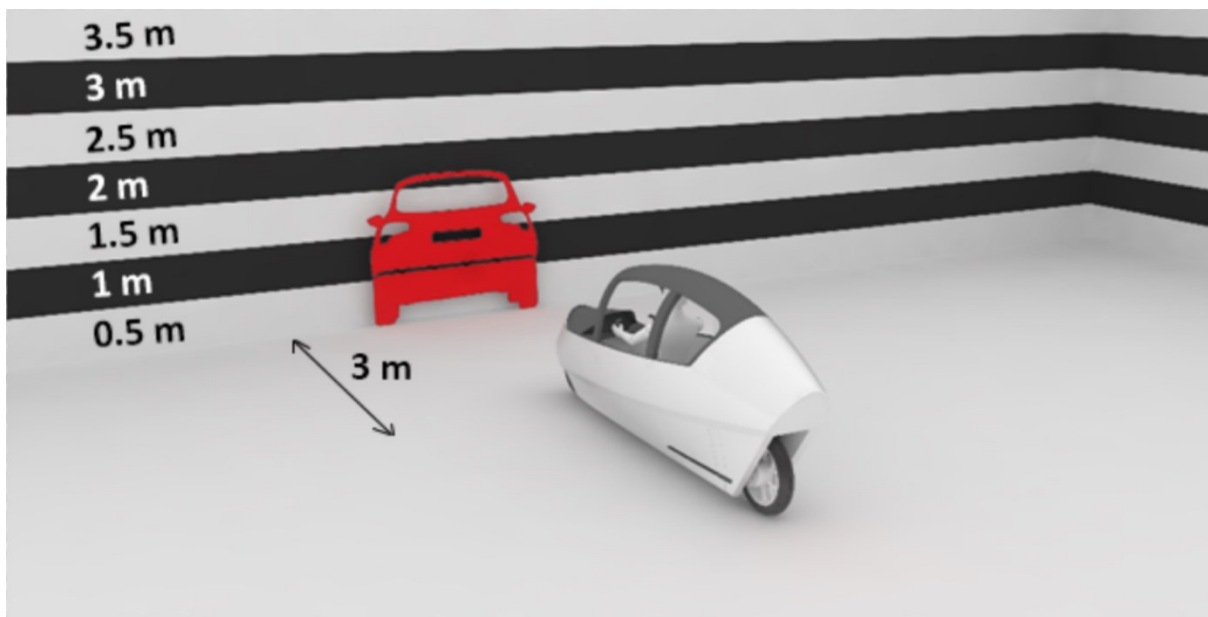
Výhled z kabiny



Obrázek 10.33 – Vizualizace výhledu z kabiny dálníku

Důležitým parametrem interiéru je výhled ven, nejdůležitější z hlediska bezpečnosti je zejména nerušený boční výhled z kabiny, který je důležitý například při nájezdu do křižovatky, sledování dopravního značení a chodců, nebo i při parkování a podobně. Díky tomu, že v dálníku sedí řidič se spolujezdcem v tandemu, má zpravidla výborný výhled okolo vozidla. Pro co nejlepší výhled jsem v konceptu posunul středový sloupek tak, aby byl až za zorným polem řidiče i v koncové poloze sedadla.

V mém konceptu jsem se rozhodl zkontrolovat přímý výhled z dálníku vpřed, protože nadprůměrně vysoká postava v daném posedu sedí již poměrně dost vzadu, což může negativně ovlivnit vertikální zorné pole. Jako důležitý parametr jsem u tohoto pohledu zvolil výhled na vozidlo vzdálené 3 metry od dálníku, viz obrázek 10.34.

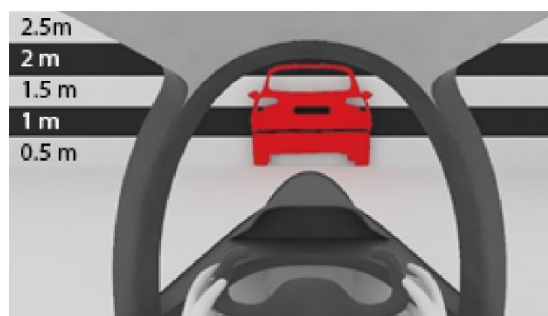


Obrázek 10.34 – Silueta automobilu ve výhledu (červeně)

Porovnal jsem výhledy řidiče vysokého 180 cm, viz obrázek 10.35, s nadprůměrně vysokou 200 cm postavou sedící v koncové poloze, viz obrázek 10.36. Z obrázků jde vidět, že nadprůměrně vysoký řidič by při zvoleném posedu mohl mít problém s pozorováním situace před vozidlem ve výhledu. Řešením tohoto problému může být posunutí sedadla vpřed nebo níže a mírně zhoršený posed pro vyšší řidiče. Dalším řešením může být posunutí, nebo jiné tvarování předních sloupků a střechy, částečné prosklení střechy, nebo její celkové zvýšení. Avšak hlavním důvodem tohoto

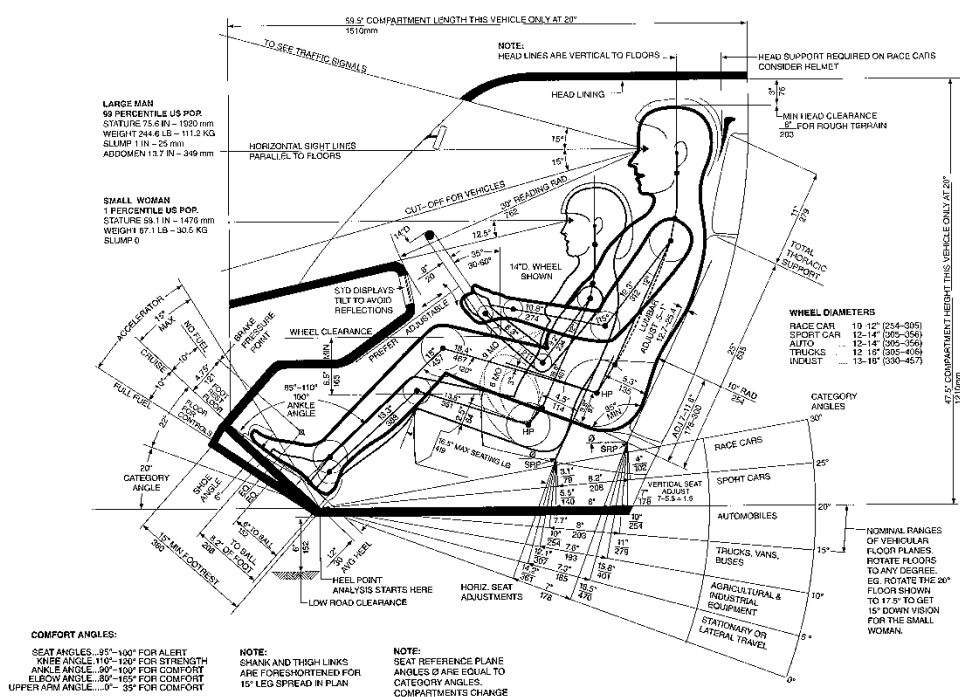


Obr. 10.35 – Pohled 180 cm vysokého řidiče

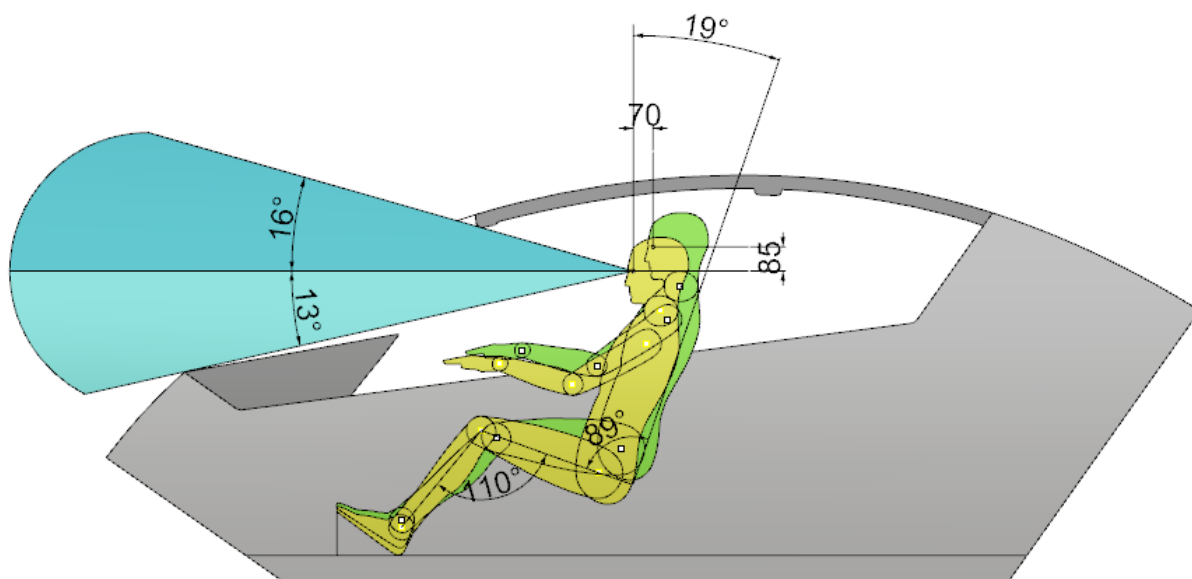


Obr. 10.36 – Pohled 200 cm vysokého řidiče

problému je zvolená komfortní poloha posedu i pro nadprůměrně vysoké postavy. To jsem ověřil úpravou posedu 200 cm vysokého řidiče, viz obrázek 10.38, a srovnáním jeho výsledného pohledu, viz obrázek 10.39. Mým cílem bylo dosáhnout vertikálního zorného plusového úhlu minimálně 15° a mínusového zorného úhlu minimálně 12,5°, tyto úhly jsem určil podle ergonomické studie Henryho Dreyfusse pro automobily, viz obrázek 10.37.

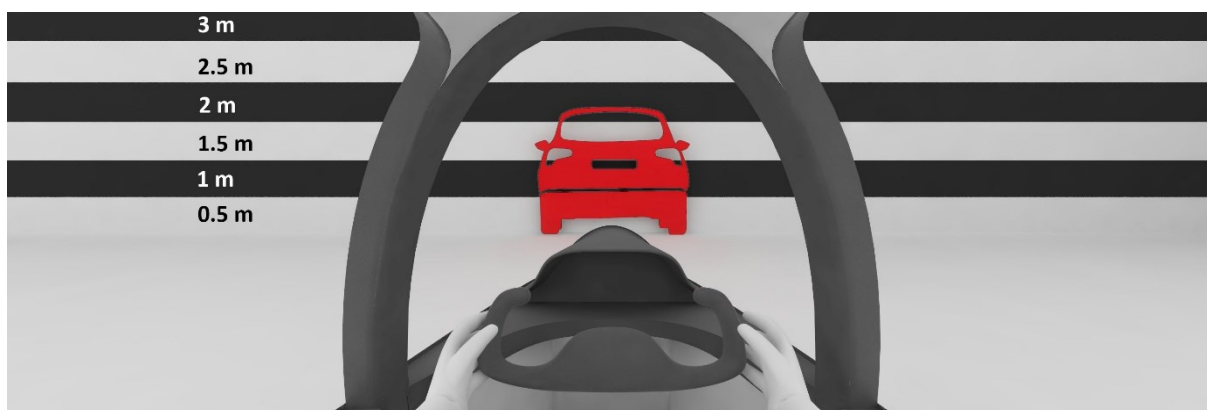


Obrázek 10.37 – Ergonomická studie Henryho Dreyfusse [36]



Obrázek 10.38 - Upravená poloha pro 200 cm vysokého řidiče (žlutě)

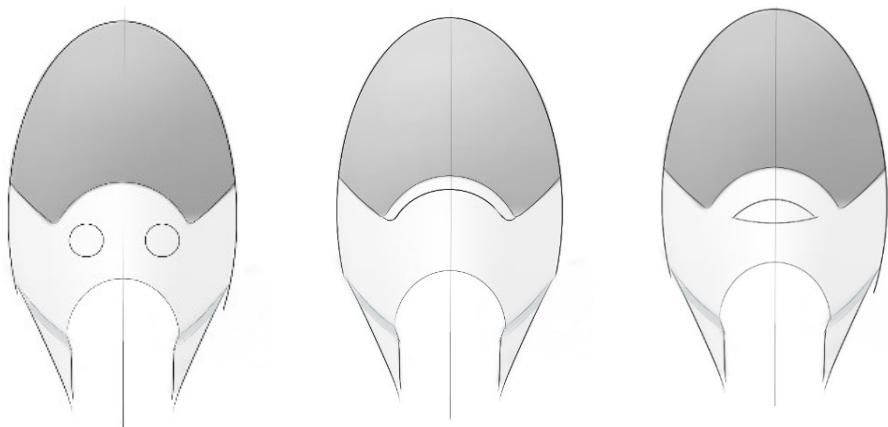
Optimalizovaná poloha posedu pro vysoké řidiče není o mnoho horší než původní poloha a výrazně zlepšuje výhled z vozidla. V kapitole číslo 6 jsem zvolil pro vertikální polohování sedadla z nulové polohy délku minimálně 35 mm. Vzhledem k výsledkům této studie výhledu z interiéru však původně zvolenou minimální hodnotu upravuji na cca 80 mm pro větší rozsah nastavení sedadla i pro nadprůměrně vysoké řidiče.



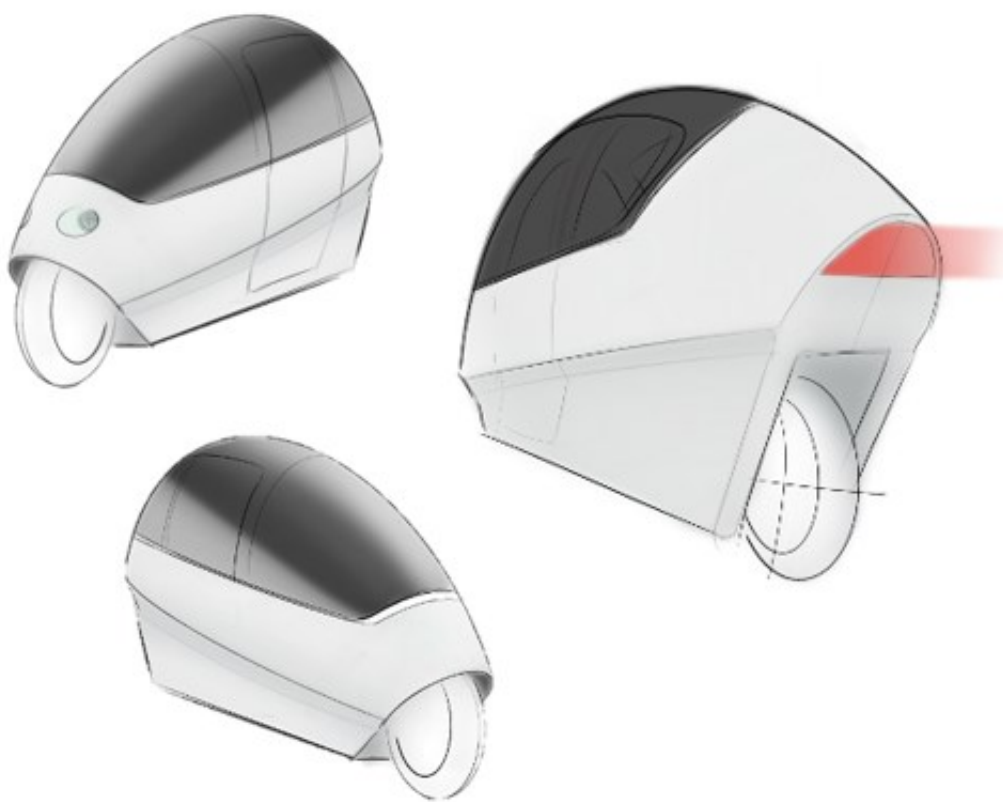
Obrázek 10.39 – Pohled z optimalizované polohy 200 cm vysokého řidiče

10.5. Světlomety

Přední světlomety dálníku jsem se snažil navrhnout tak, aby působily minimalisticky a příliš nenarušovaly přední plochu karoserie. Vytvořil jsem tedy řadu tvarových konceptů, mezi kterými jsem se rozhodoval.



Obrázek 10.40 - Vybrané varianty předních světel



Obrázek 10.41 - Skici světlometů

Do finálních vizualizací jsem se rozhodl použít prostřední variantu předního světla z obrázku 10.40 a variantu zadního světla z obrázku 10.41.



Obrázek 10.42 – Vizualizace světel dálníku

Technologie

Vybraná varianta předního světla má relativně úzký světelný podpis. Dnes však lze vytvořit světlomety s velice úzkým světelným podpisem, viz LED světlomety na obrázku 10.43. Tato technologie také může jednoduše kombinovat denní svícení se směrovými světly a podobně.



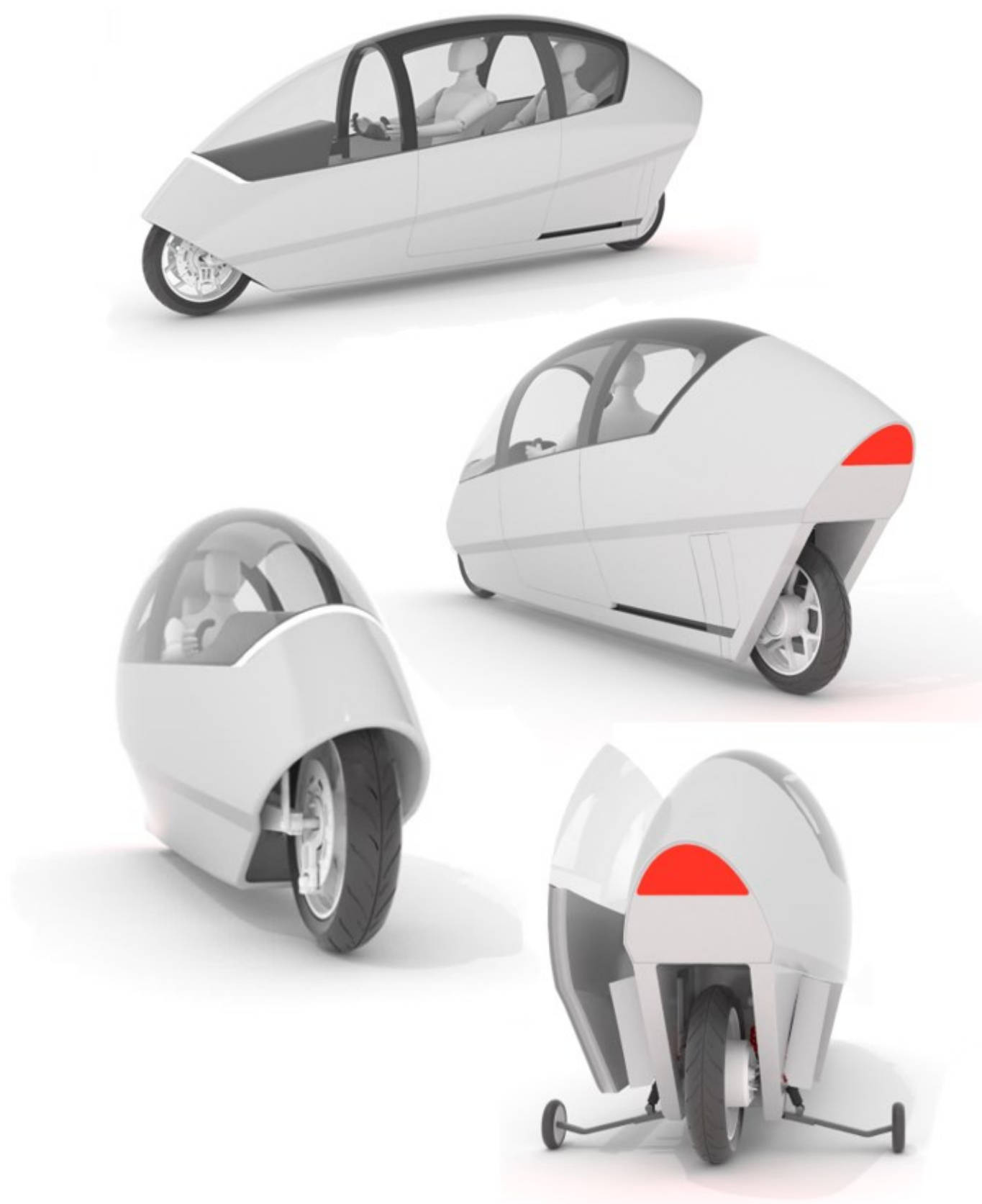
Obrázek 10.43 – LED světla Bugatti Centodieci [37]

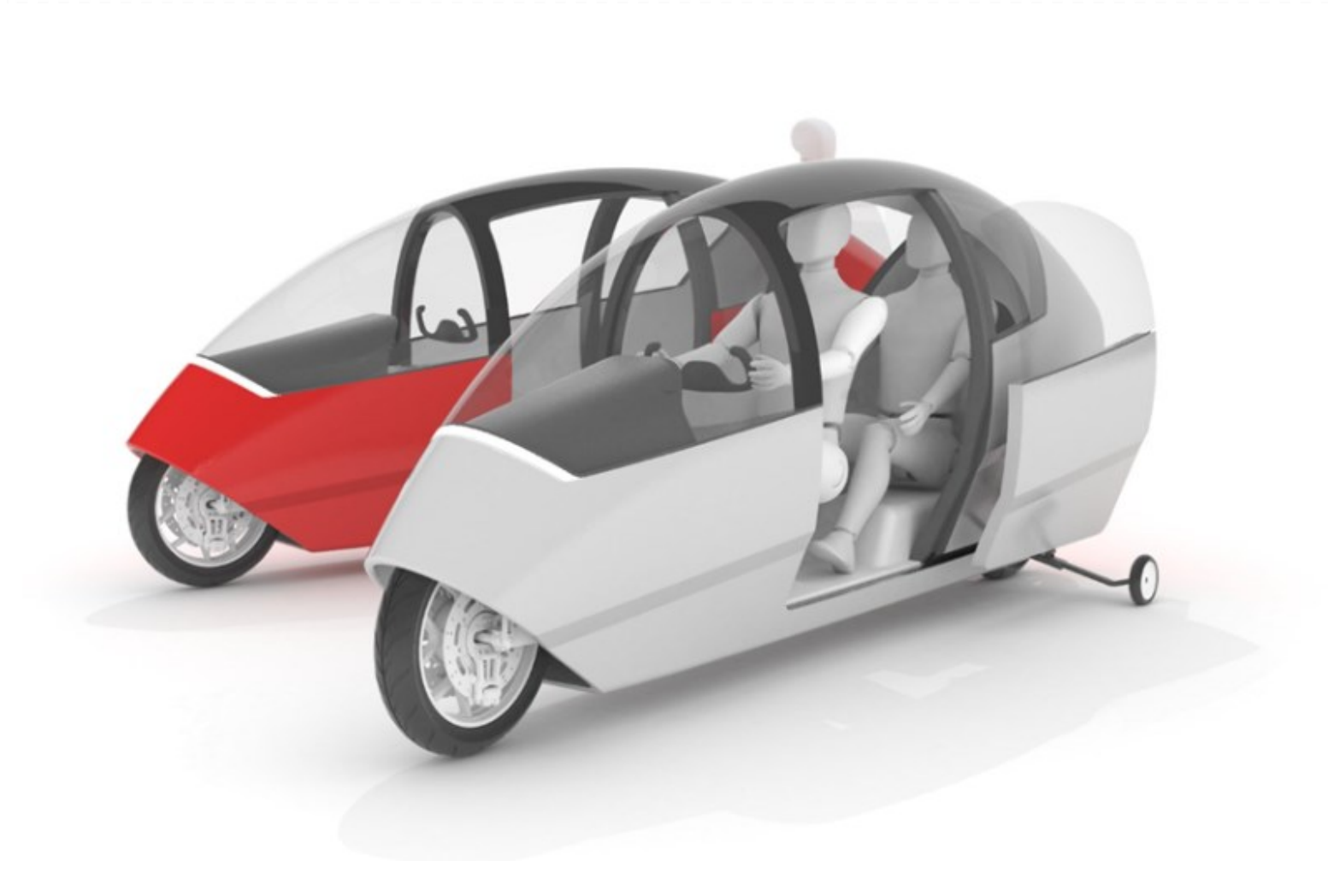
Pro zadní světlomety lze také použít OLED technologii, která navíc oproti LED technologii umožňuje velmi vysokou homogenitu a kontrast světla, viz obrázek 10.44.



Obrázek 10.44 – OLED Zadní světlomety [38]

11. Finální vizualizace







12. Závěr

V diplomové práci řeším koncepční design dálníku. V úvodu jsem provedl důkladnou rešerši v tomto oboru vozidel, spolu se studiem jejich konstrukce. Dále jsem vybral specifikace, na kterých svůj koncept zakládám, a vytvořil somatografickou studii, podle které jsem zjistil potřebné vnitřní rozměry. Design dálníku jsem nejdříve navrhoval v podobě skic, vytvořil jsem několik variant, ze kterých jsem vybral ty nejzajímavější a dále je rozvíjel a vzájemně se jimi inspiroval. Vybraný návrh jsem dále tvořil ve 3D modeláři a vyvíjel až do zvolené finální podoby.

Kromě designu exteriéru a tvorby vnitřních struktur jsem také řešil konstrukci dálníku. Ověřil jsem, jestli je možné použít baterie v podlaze a početně zkontroloval použitelnost zvolené koncepce pohonu. Dále jsem vytvořil rám, který jsem zkontroloval pevnostní analýzou MKP. Kromě rámu jsem řešil nápravy, zavěšení kol a návrh stabilizačního podvozku, u kterého jsem početně zkontroloval jeho použitelnost.

Cíl práce se mi podařilo splnit, vytvořil jsem dálník se zajímavým designem, který přináší komfortní posed jako v automobilu díky inovativnímu řešení jeho konstrukce, jako například použitím pohonu v zadním hnaném kole, umístěním akumulátorů do podlahy, použitím posuvných dveří a návrhem prostorově nenáročného stabilizačního podvozku s přidávanými funkcemi.

13. Seznam použité literatury a zdrojů

MALYPETR, Marcel. Československé motorararity. 2016. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5587-8.

DREYFUSS, Henry. The Measure of Man: Human Factors in Design. Rev. and exp. 2nd ed. New York: Whitney Library of Design, 1967. 54 s. ISBN 978-0-8230-7370-2.

Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. Ostrava:

Vysoká škola báňská — Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2015. Identifikační znak FS_SME_05_003. Dostupné z:

http://iso.fs.vsb.cz/SME/FS_SME_05003_VypracovaniDPBP.pdf

PAULY, Jana a Jiří HULÁK. DESIGN PRO: Český průmyslový design 1990-2010, Czech Industrial Design 1990-2010. Rožtoky u Prahy: Jindřich Dušek — Signum, 2010. 334 s. ISBN 978-80-903531-0-7.

Dynamika motocyklů [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Bicycle_and_motorcycle_dynamics

Podvozky motocyklů [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

<https://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/technika-motocyklu-8.-cast-podvozek-3456.html>

Motorbike suspension [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle_suspension

Maximální dosažitelná rychlost [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

<http://www.welltall.com/ymc/discovery/car/maxspeed.html>

Jízdní odpory vozidel [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

<https://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/jizdni-odpory-23279.html>

Solární panely [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Sol%C3%A1rn%C3%AD_panel

Elektrické vozy [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car

LiFePo4 [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_iron_phosphate_battery

Li-Ion [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery

Baterie elektromobilů [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_battery

Pohybový šroub [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

https://eshop.haberkorn.cz/index.php?force_sid=bbbd10a67ca1f43abe33d459fda3fe25&cl=details&anid=32140001E1

Stabilita tělesa [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/102-rovnovazne-polohy-tuheho-telesa>

Motorcycle handlebar [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Motorcycle_handlebar

Steeringwheel [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

https://en.wikipedia.org/wiki/Steering_wheel

[1] „*Monotrace*“ *Dokumentation* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

http://ecomobile.megard.ch/monotracer/PDF/Design_Dokumentation_2-screen.pdf

[2] *Gyrocar* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

https://www.automobilrevue.cz/rubriky/clanky/historie/wolseley-1896-1975-britska-prestiz_44056.html

[3] *Mauser Einspurato* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

http://www.carstyling.ru/en/entry/Mauser_Einspur_Monotrace_1922_Tovarish_Mauzer/images/2972/

[4] *Anderleho Dálník* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

<https://automix.denik.cz/magazin/unikatni-dalnik-mohl-byt-hitem-rozvoj-vsak-brzdil-tehdejsi-rezim-20170917.html?cast=2>

[5] *Dálník D-06* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

<https://automix.denik.cz/galerie/unikatni-dalnik-mohl-byt-hitem.html?mm=8103148&photo=12>

[6] *Dálník Karosa* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

<https://cz.pinterest.com/pin/273593746100378550/>

[7] *Peraves* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/clanky/clanky-predstavujeme/peraves-krizenec-motocyklu-a-automobilu-s-vyraznou-ceskou-stopou-40208.html>

- [8] *Monotracer* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
<https://www.spiegel.de/auto/fahrkultur/peraves-monotracer-mte-150-im-test-a-837586.html>
- [9] *Rám Velorex* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/jeden-velorex-16250-se-dostal-az-chicaga-ted-renovaci-stoji-pres-300-tisic/>
- [10] *Velorex* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/velorex-v-nove-dobe-prchajici-stan-je-inspiraci-dodnes-100103>
- [11] *BMW Gina* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
<https://automix.denik.cz/galerie/kempovaci-vozik-bmw-a-the-north-face.html?photo=8>
- [12] *VW L1 skica* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
<https://www.carbodydesign.com/2011/02/volkswagen-xl1-concept/>
- [13] *VW L1* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
<https://fr.motor1.com/news/313810/concept-oublie-volkswagen-1-litre-2002/>
- [14] *Isetta* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
<https://cz.pinterest.com/pin/346566133798764661/>
- [15] *Bimota Tesi 3D* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
<https://br.pinterest.com/pin/852447035690569091/>
- [16] *Honda Riding Assist* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
<https://motorbikewriter.com/honda-self-balancing-assist/>
- [17] *Acabion GTBO 70* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
<https://www.ultimatecarpage.com/img/Acabion-GTBO-70-25333.html>
- [18] *Studie F1* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
<https://www.tipcars.com/magazin/aktuality/design-brothers-po-skode-enve-dalnicky.html>
- [19] *Koncept C1* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://newatlas.com/lit-motors-c1-self-balancing-motorcycle/21002/>
- [20] *Bimota Tesi 3D* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
<https://br.pinterest.com/pin/852447035690569091/>
- [21] *Harley Davidson 750* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.harley-davidson.com/eu/en/motorcycles/street-750.html>
- [22] „*Monotrace*“ *Dokumentation* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:
http://ecomobile.megard.ch/monotracer/PDF/Design_Dokumentation_2-screen.pdf

- [23] *Trubkový rám velorex* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://auto.pravda.sk/magazin/clanok/412033-velorex-kozenkova-legenda-ma-60-casnici-s-nou-nejazdili/>
- [24] *Samonosná karoserie* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://blog.reparacion-vehiculos.es/topic/tratamiento-metales/page/2>
- [25] *Rám konceptu C1* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <http://globaleconomicanalysis.blogspot.com/2015/05/cars-of-future-today-flying-car-and.html>
- [26] *Baterie vozu BMW i3* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://de.motor1.com/news/346742/lithium-ionen-akkus-preis-kilowattstunde/>
- [27] *Li-Ion modul* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://image.made-in-china.com/202f0j00bfQYndCKhUoG/48V-120ah-Rechargeable-Li-ion-Lithium-Ion-Battery-Pack-for-EV.jpg>
- [28] *LiFePO4- Winston 3.2 V 300 Ah* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.ecoproduct.cz/solarni.panely/solarni.baterie/baterie.lifepo4/baterie.clanek.lifepo4.3.2v.300ah>
- [29] *Smart EQ fortwo* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.nadaguides.com/Cars/2019/smart/EQ-fortwo/pure-coupe/Pictures>
- [30] *Monotracer boční pohled* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.wired.co.uk/gallery/gear-for-going-faster-gallery>
- [31] *Solar Roof Charging System* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.hyundai.news/eu/brand/hyundai-launches-first-car-with-solar-roof-charging-system/>
- [32] *Emrax 268* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://emrax.com/e-motors/emrax-268/>
- [33] *Graf průběhu výkonu a kroutícího momentu motoru Emrax 268* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: https://emrax.com/wp-content/uploads/2020/03/emrax_268_technical_data_table_graphs_5.4.pdf
- [34] *Omron R88M* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://industrial.omron.eu/en/products/R88M-K3K030C-S2>
- [35] *Peugeot 1007* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://www.carmagazine.co.uk/features/top-10s/the-car-top-10-innovative-french-cars/>

[36] Ergonomie automobilu [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

<https://www.pinterest.co.kr/pin/13018286402868515/>

[37] *Bugatti centodieci* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

<https://www.autoforum.cz/predstaveni/bugatti-stvorilo-uchvatny-stroj-vzpominajici-na-zpackany-pokus-o-navrat-v-90-letech/>

[38] *OLED* [online]. [cit. 2020-05-03]. Dostupné z:

<https://www.oledworks.com/news/blog/the-ideal-tail-lamp-light-source/>

13.1. Použité grafické programy

Rhinoceros 5 + Vray

Adobe Photoshop CS3

Adobe Illustrator CC

Autodesk Inventor 2018

Autodesk SketchBook

13.2. Seznam příloh

Výkres sestavy: WIL0028-DP-01 - A1

Výrobní výkres: WIL0028-DP-02 - A4

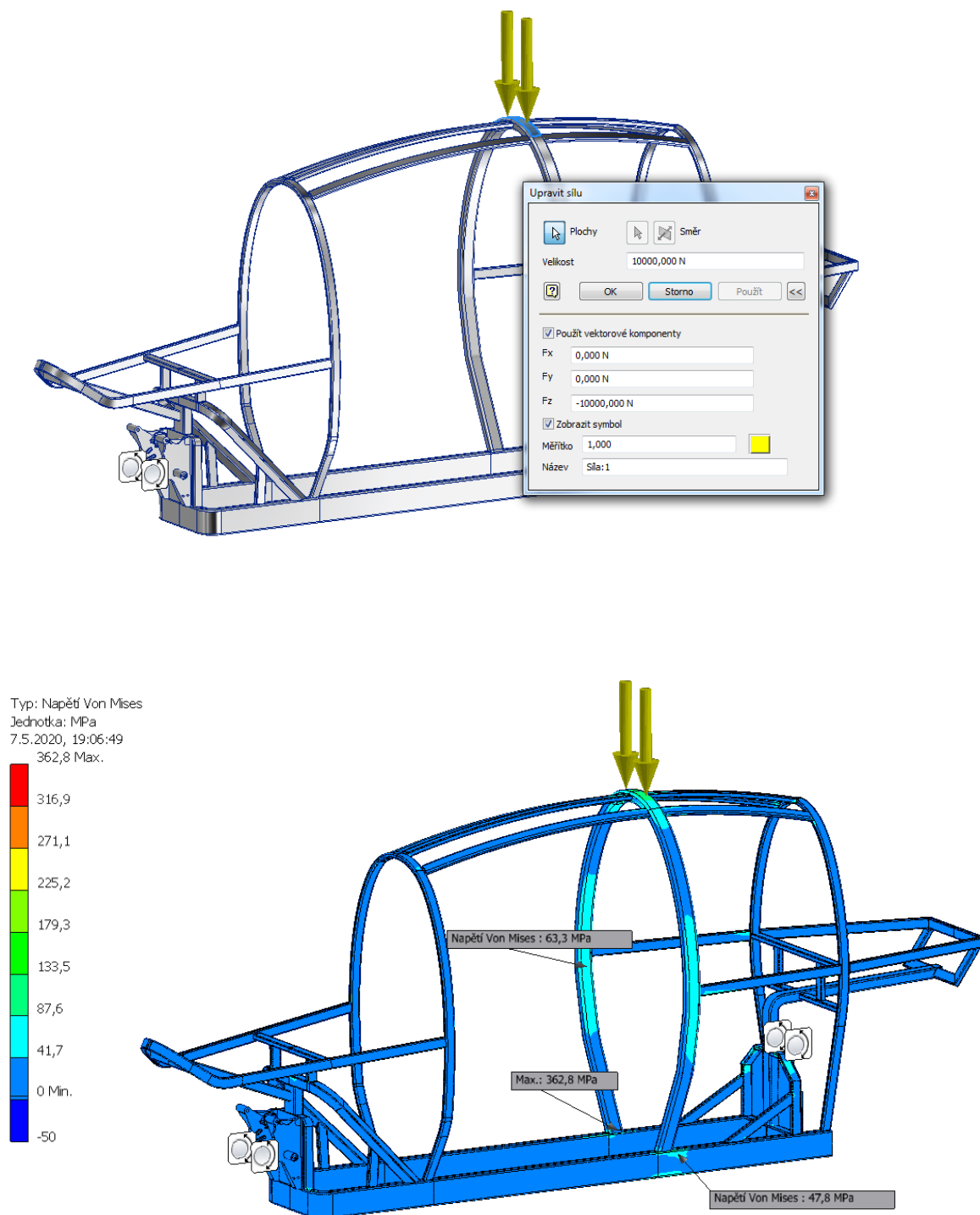
Poděkování:

Děkuji MgA. Petru Neničkovi a Ing. Tomáši Kubínovi, Ph.D. za pomoc, cenné rady a trpělivost při postupu zpracování mé diplomové práce.

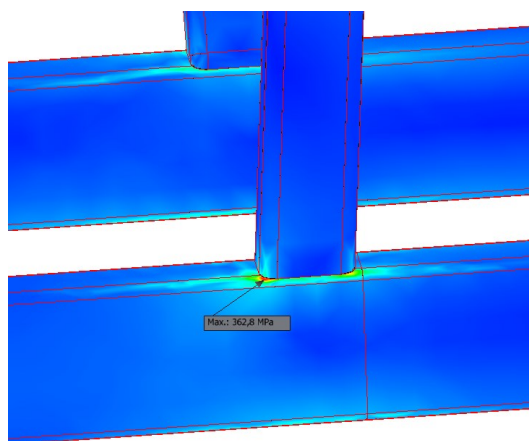
PŘÍLOHY

Příloha A – Pevnostní analýzy

Provádím kontrolu pevnosti bezpečnostního rámu, zatížen je dvěma silami o celkové hodnotě 20000 N, které simulují převrácení na střechu. Z výsledků jsem vyvodil, že rám vyhovuje, protože maximální napětí 362 MPa vzniklo v bodě styku hrany profilu a stejně jako v první analýze tuto hodnotu zanedbávám, vzhledem k absenci svarů v analýze.

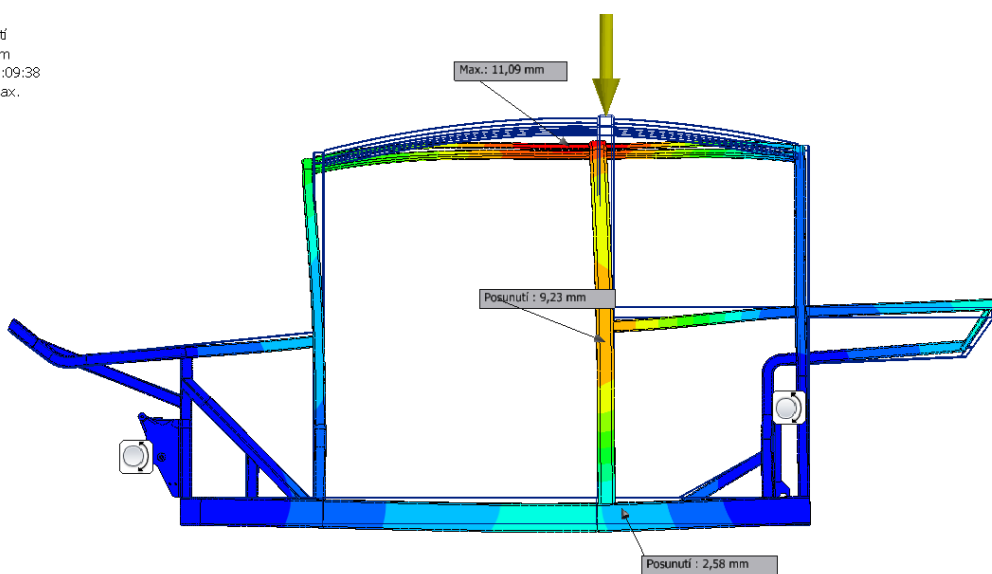
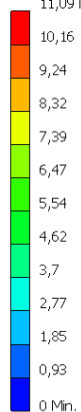


Obrázek A1 – Zatížení a výsledné napětí

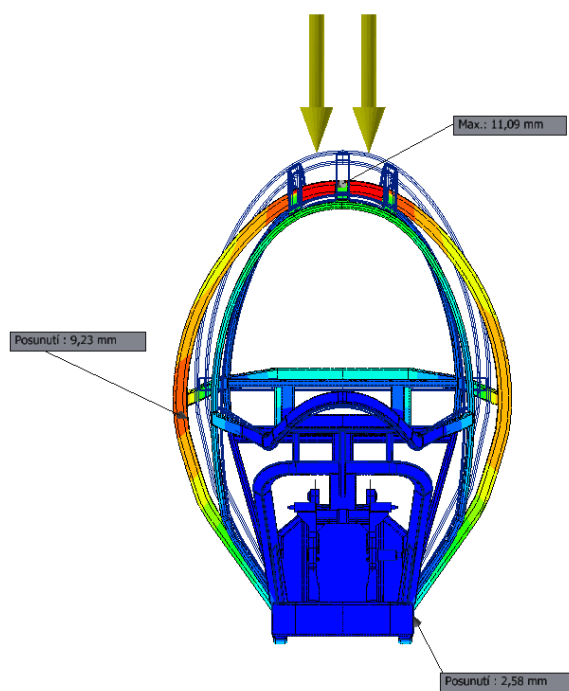
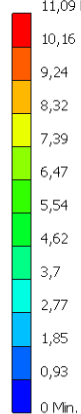


Obrázek A2 – Maximální napětí

Typ: Posunutí
Jednotka: mm
7.5.2020, 19:09:38
11,09 Max.

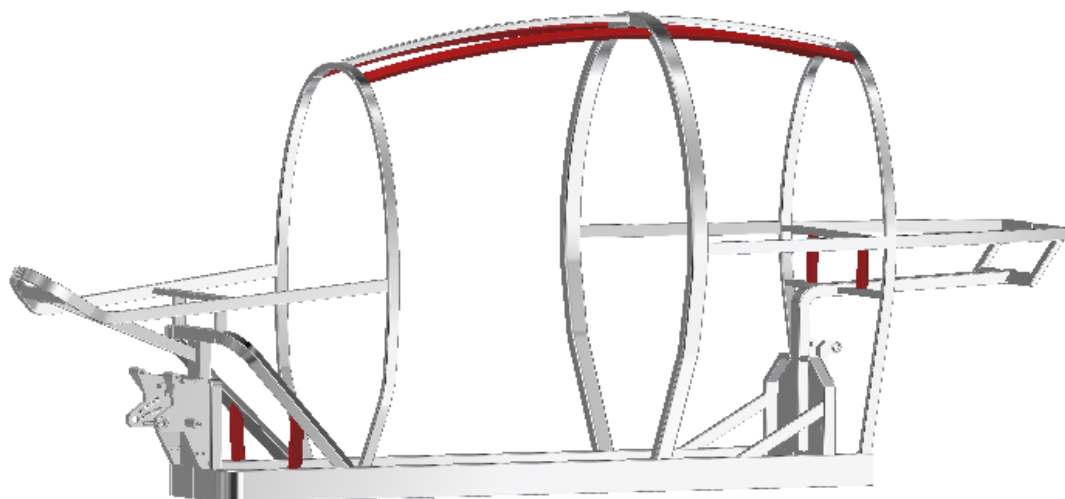


Typ: Posunutí
Jednotka: mm
7.5.2020, 19:09:38
11,09 Max.



Obrázek A3 - Posunutí

V hlavním textu práce dělám analýzu na rámu, který již prošel optimalizací a zpevněním, například na obrázku A4 jsou barevně označeny profily, které jsem přidal pro zpevnění rámu a lepší přenos sil profilů.



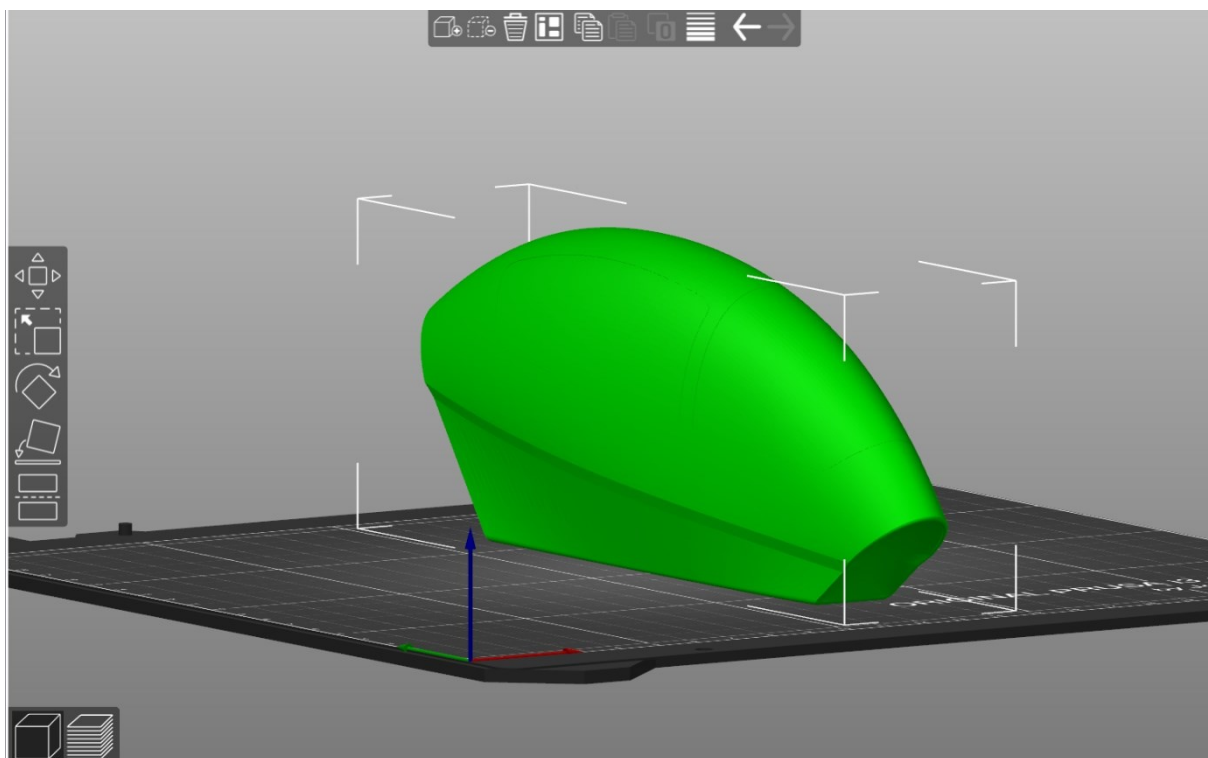
Obrázek A4 – Optimalizace rámu

Příloha B – Tvarové varianty volantu

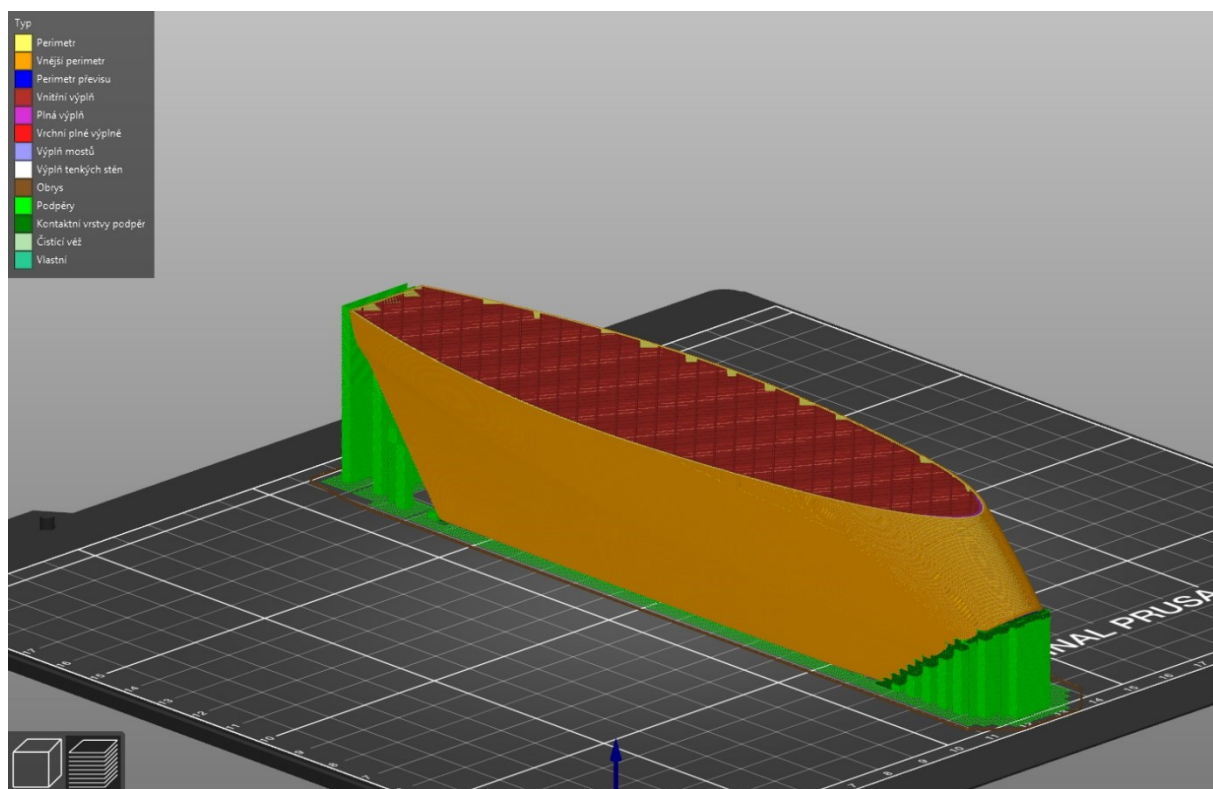


Obrázek B1 – Další tvarové varianty volantu

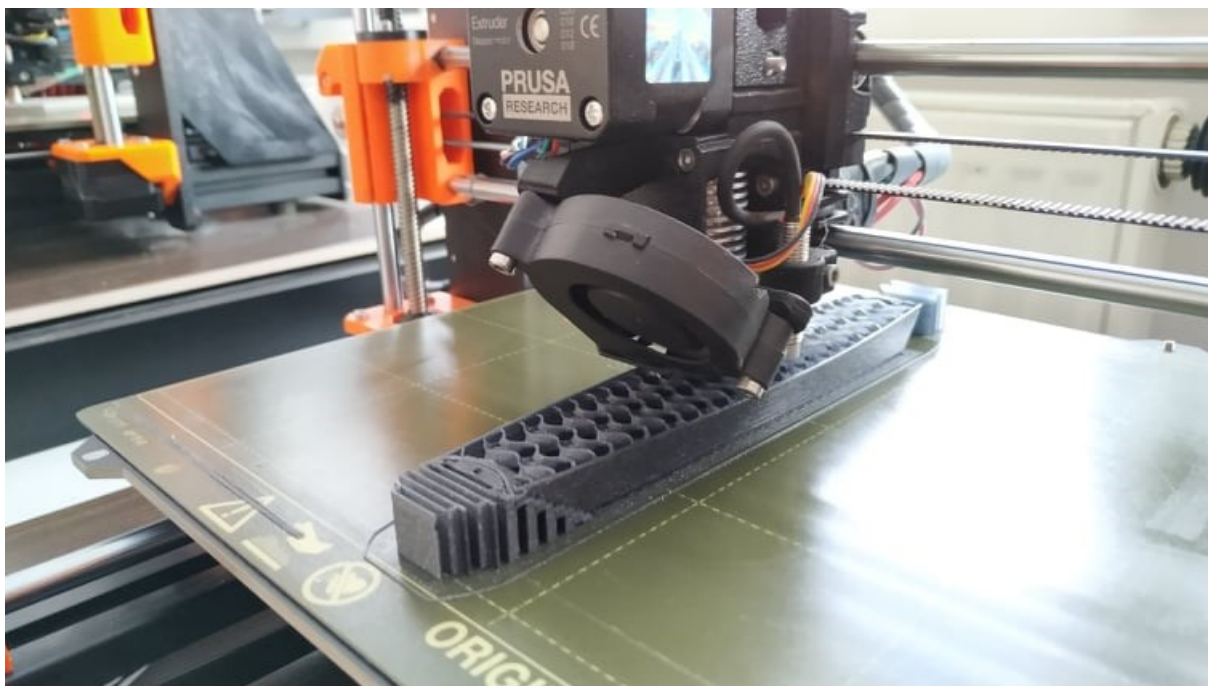
Příloha C – Práce na fyzickém modelu



Obrázek C1 – 3D model optimalizovaný pro 3D tisk



Obrázek C2 – Nastavení sliceru



Obrázek C3 – Tisk modelu



Obrázek C4 – Vytisknutý model